

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN X1993-1-11:2024

**THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP - PHẦN 1-11: THIẾT KẾ
KẾT CẤU CÓ DÂY HOẶC THANH CĂNG**

*Design of steel structures. Part 1-11: Design of structures with tension
components*

DỰ THẢO

Hà Nội - 2024

Lời nói đầu

TCVN X1993-1-11:202x được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn *BS EN 1993-1-11:2006 Design of steel structures – Part 1-11: Design of structures with tension components*

TCVN X1993-1-11:202x do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
1 Tổng quát	9
1.1 Phạm vi	9
1.2 Tài liệu viện dẫn	10
1.3 Thuật ngữ và định nghĩa	11
1.4 Ký hiệu	13
2 Cơ sở thiết kế	13
2.1 Tổng quát.....	13
2.2 Các yêu cầu	13
2.3 Tác động	14
2.3.1 Trọng lượng bản thân của dây căng	14
2.3.2 Tác động do gió.....	15
2.3.3 Tải trọng băng	15
2.3.4 Tác động nhiệt.....	15
2.3.5 Lực căng trước.....	15
2.3.6 Sự thay thế và mất dây/thanh căng	16
2.3.7 Tải trọng mỗi.....	16
2.4 Các trường hợp thiết kế và hệ số riêng	16
2.4.1 Trường hợp thiết kế ngắn hạn khi thi công	16
2.4.2 Trường hợp thiết kế dài hạn khi sử dụng.....	16
3 Vật liệu	17
3.1 Cường độ của thép và sợi thép.....	17
3.2 Mô đun đàn hồi	17
3.2.1 Dây/thanh căng nhóm A	17
3.2.2 Dây/thanh căng nhóm B	17
3.2.3 Dây/thanh căng nhóm C	19
3.3 Hệ số giãn nở nhiệt	19
3.4 Cát theo chiều dài các dây/thanh căng nhóm B.....	19
3.5 Chiều dài và dung sai chế tạo	19
3.6 Hệ số ma sát.....	19
4 Độ bền lâu của sợi, dây và tao	20
4.1 Tổng quát.....	20
4.2 Bảo vệ chống ăn mòn cho từng sợi.....	20
4.3 Bảo vệ chống ăn mòn bên trong dây/thanh căng nhóm B	20
4.4 Bảo vệ chống ăn mòn bên ngoài dây/thanh căng nhóm B.....	20
4.5 Bảo vệ chống ăn mòn dây/thanh căng nhóm C	21
4.6 Bảo vệ chống ăn mòn tại liên kết.....	21

5	Phân tích kết cấu	21
5.1	Tổng quát	21
5.2	Trường hợp thiết kế ngắn hạn khi thi công	21
5.3	Trường hợp thiết kế thường xuyên khi sử dụng	22
5.4	Ảnh hưởng phi tuyến do biến dạng	22
5.4.1	Tổng quát	22
5.4.2	Hiệu ứng dây xích	22
5.4.3	Ảnh hưởng của biến dạng lên kết cấu	22
6	Trạng thái giới hạn về độ bền	23
6.1	Hệ thanh căng	23
6.2	Thép ứng lực trước và dây/thanh căng nhóm B và C	23
6.3	Gối chuyển hướng	25
6.3.1	Điều kiện về hình học	25
6.3.2	Sự trượt của cáp trên gối chuyển hướng	26
6.3.3	Áp lực ngang	26
6.3.4	Thiết kế gối chuyển hướng	27
6.4	Kẹp	27
6.4.1	Kẹp chống trượt	27
6.4.2	Áp lực ngang	27
6.4.3	Thiết kế kẹp	28
7	Trạng thái giới hạn sử dụng	28
7.1	Tiêu chí kiểm tra	28
7.2	Ứng suất giới hạn	28
8	Rung động của cáp	29
8.1	Tổng quát	29
8.2	Các biện pháp giảm rung động của cáp	30
8.3	Ước tính rủi ro	30
9	Mỗi	31
9.1	Tổng quát	31
9.2	Tải trọng dao động dọc trục	31
A.	Phụ lục A [Tham khảo] – Yêu cầu sản phẩm của cấu kiện dây/thanh căng	33
A.1	Phạm vi	33
A.2	Các yêu cầu cơ bản	33
A.3	Vật liệu	33
A.4	Yêu cầu về thử nghiệm	34
A.4.1	Tổng quát	34
A.4.2	Các cấu kiện chính chịu kéo	35
A.4.2.1	Sợi	35
A.4.2.2	Dây	35
A.4.2.3	Thanh thép	35
A.4.3	Dây và cáp hoàn chỉnh	35

A.4.4	Hệ số ma sát	35
A.4.5	Bảo vệ chống ăn mòn.....	35
A.4.5.1	Chống nước.....	35
A.4.5.2	Lớp bảo vệ chống ăn mòn.....	35
B.	Phụ lục B [Tham khảo] – Vận chuyển, lưu trữ, xử lý.....	36
C.	Phụ lục C [Tham khảo] – Chú giải.....	37
C.1	Sản phẩm nhóm A.....	37
C.2	Sản phẩm nhóm B.....	37
C.3	Đầu nối cáp.....	39
C.4	Sản phẩm nhóm C	41
	Phụ lục Quốc gia.....	42
NA.1	Phạm vi.....	42
NA.2	Thông số do quốc gia xác định.....	42
NA.2.1	Thay thế và mất của các cấu kiện chịu kéo [TCVN X1993-1-11:202X, 2.3.6]	42
NA.2.2	Tình huống thiết kế tạm thời khi thi công [TCVN X1993-1-11:202X, 2.4.1].....	43
NA.2.3	Cường độ của thép và dây [TCVN X1993-1-11:202X, 3.1].....	43
NA.2.4	Chống ăn mòn bên ngoài của kết cấu dây/thanh căng nhóm B [TCVN X1993-1-11:202X, 4.4]	43
NA.2.5	Chống ăn mòn bên ngoài của cấu kiện chịu kéo nhóm C [TCVN X1993-1-11:202X, 4.5].....	43
NA.2.6	Giai đoạn xây dựng tạm thời [TCVN X1993-1-11:202X, 5.2]	43
NA.2.7	Tình huống thiết kế lâu dài khi sử dụng [TCVN X1993-1-11:202X, 5.3].....	43
NA.2.8	Thanh dự ứng lực và cấu kiện nhóm B và C [TCVN X1993-1-11:202X, 6.2]	43
NA.2.9	Trượt dây cáp của bàn trượt [TCVN X1993-1-11:2006, 6.3.2].....	43
NA.2.10	Thiết kế bàn trượt [TCVN X1993-1-11:202X, 6.3.4].....	44
NA.2.11	Trượt dây cáp của bàn trượt [TCVN X1993-1-11:202X, 6.4.1]	44
NA.2.12	Giới hạn ứng suất [TCVN X1993-1-11:202X, 7.2]	44
NA.2.13	Chống thấm [TCVN X1993-1-11:202X, A.4.5.1]	44
NA.2.14	Chống ăn mòn [TCVN X1993-1-11:202X, A.4.5.2]	44
	Vỏ bọc HDPE.....	45
	Ống neo bên ngoài	45
NA.2.15	Phụ lục B – Vận chuyển, lưu trữ, xử lý.....	46
NA.3	Quyết định về tình trạng phụ lục tham khảo.....	46
NA.4	Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn	47

Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-11: Thiết kế kết cấu có dây hoặc thanh căng

Design of steel structures – Part 1-11: Design of structures with tension components

1 Tổng quát

1.1 Phạm vi

(1) TCVN X1993-1-11 đưa ra các quy định thiết kế kết cấu có dây/thanh căng làm bằng thép mà các liên kết của chúng với kết cấu là loại có thể điều chỉnh và thay thế, xem Bảng 1.1.

CHÚ THÍCH: Theo yêu cầu điều chỉnh và thay thế, các dây/thanh căng thường được chế tạo trước và chuyển đến công trường để lắp đặt vào kết cấu. Dây/thanh căng không thể điều chỉnh hoặc thay thế, ví dụ cáp treo cầu dây văng, hoặc cáp ứng lực trước đặt ngoài của cầu, không thuộc phạm vi của phần này. Tuy nhiên, các quy định của tiêu chuẩn này có thể được áp dụng.

(2) Tiêu chuẩn này còn đưa ra các quy định để xác định yêu cầu kỹ thuật để đánh giá độ an toàn, khả năng sử dụng và độ bền lâu của dây/thanh căng chế tạo trước.

Bảng 1.1: Các nhóm cấu kiện dây/thanh căng

Nhóm	Phần tử chịu kéo chính	Ví dụ
A	thanh căng	hệ thanh căng, thanh ứng lực trước
B	dây tròn	cáp bện xoắn
	dây tròn và dây Z	cáp bện xoắn khóa hoàn toàn
	dây tròn và cáp sợi	cáp sợi
C	dây tròn	cáp sợi song song (PWS)
	dây tròn	bó sợi song song
	cáp (ứng lực trước) bầy sợi	bó cáp song song

CHÚ THÍCH 1: Các sản phẩm nhóm A thường có một mặt cắt tròn đặc duy nhất được nối vào các điểm đầu cuối bằng ren. Chúng chủ yếu được sử dụng làm:

- giằng cho mái, tường, dầm;
- dây néo cho cấu kiện mái, tháp;
- hệ chịu kéo cho giàn làm bằng gỗ - thép và kết cấu thép, khung không gian.

CHÚ THÍCH 2: Các sản phẩm nhóm B bao gồm các dây được neo trong các hốc neo hoặc các “đầu cuối” khác và được chế tạo với đường kính trong khoảng từ 5 - 160 mm, xem EN 12385-2.

Cáp bện được dùng chủ yếu làm:

- dây văng cho ăng ten, ống khói, trụ và cầu;
- cáp chịu lực và cáp biên cho kết cấu nhẹ;
- móc, dây treo cho cầu treo;

TCVN X1993-1-11:202x

- cáp ổn định cho lưới thép, giàn gỗ và thép;
- cáp tay vịn cho ban công, đường ray cầu và lan can.

Dây bện khóa hoàn toàn được chế tạo với đường kính từ 20 – 180 mm, được dùng chủ yếu làm:

- dây văng, cáp treo và móc treo để xây dựng cầu;
- cáp treo và cáp ổn định trong các giàn cáp;
- cáp biên cho lưới cáp;
- dây văng cho tháp, trụ, ăng ten.

Bó cáp kết cấu được dùng chủ yếu làm:

- dây văng cho trụ, ăng ten;
- móc treo cho cầu treo;
- cáp giảm sóc / miếng đệm giữa các dây văng;
- cáp biên cho kết cấu màng;
- cáp vịn cho lan can, ban công, cầu và đường ray dẫn hướng.

CHÚ THÍCH 3: Các sản phẩm nhóm C cần được neo riêng lẻ hoặc cả nhóm và được bảo vệ thích hợp.

Các bó sợi song song chủ yếu được dùng làm dây văng, cáp chính của cầu treo và cáp ngoài.

Các bó cáp song song chủ yếu được dùng làm dây văng cho cầu liên hợp và thép.

(3) Các loại đầu neo cáp được dùng trong phần này cho sản phẩm nhóm B và C bao gồm:

- ổ neo kim loại và nhựa, xem EN 13411-4
- ổ neo với vữa xi măng
- khâu sắt và khâu an toàn, xem EN 13411-3
- ổ neo swag
- kẹp chữ U, xem EN 13411-5
- bộ neo cho bó với nêm, đầu nút tạo hình nguội cho dây và đai ốc cho thanh

CHÚ THÍCH: Về thuật ngữ, xem Phụ lục C.

1.2 Tài liệu viện dẫn

(1) Các tài liệu viện dẫn sau 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).

EN 10138 Thép ứng lực trước (Prestressing steels)

Phần 1 - Yêu cầu chung (Part 1 - General requirements)

Phần 2 - Sợi (Part 2 - Wires)

Phần 3 - Tao cáp (Part 3 – Strands)

Phần 4 - Thanh (Part 4 – Bars)

EN 10244 Sợi thép và sản phẩm sợi thép – Lớp phủ kim loại màu trên sợi (Steel wire and wire products – Non-ferrous metallic coatings on steel wire)

Phần 1 – Yêu cầu chung (Part 1 - General requirements)

Phần 2 – Lớp phủ kẽm và hợp kim kẽm (Part 2 - Zinc and zinc alloy coatings)

- Phần 3 – Lớp phủ nhôm (Part 3 - Aluminium coatings)
- EN 10264 Sợi thép và sản phẩm sợi thép – Sợi thép làm dây thép (Steel wire and wire products – Steel wire for ropes)
- Phần 1 – Yêu cầu chung (Part 1 - General requirements)
- Phần 2 – Sợi thép không hợp kim kéo nguội làm dây thép cho các ứng dụng thông thường (Part 2 - Cold drawn non-alloyed steel wire for ropes for general applications)
- Phần 3 – Sợi thép không hợp kim kéo nguội làm dây thép cho các ứng dụng chịu kéo cao (Part 3 - Cold drawn and cold profiled non alloyed steel wire for high tensile applications)
- Phần 4 – Sợi thép không gỉ (Part 4 - Stainless steel wires)
- EN 12385 Dây thép – an toàn (Steel wire ropes – safety)
- Phần 1 – Yêu cầu chung (Part 1 - General requirements)
- Phần 2 – Định nghĩa, chỉ định và phân loại (Part 2 - Definitions, designation and classification)
- Phần 3 – Thông tin sử dụng và bảo trì (Part 3 - Information for use and maintenance)
- Phần 4 - Cáp cho các ứng dụng cấu thông thường (Part 4 - Stranded ropes for general lifting applications)
- Phần 10 – Cáp bện cho các ứng dụng trong kết cấu thông thường (Part 10 - Spiral ropes for general structural applications)
- EN 13411 Đầu neo của cáp thép – an toàn (Terminations for steel wire ropes – safety)
- Phần 3 – Khâu sắt và khâu an toàn (Part 3 - Ferrules and ferrule-securing)
- Phần 4 – Hốc cắm bằng kim loại và nhựa (Part 4 - Metal and resin socketing)
- Phần 5 – Kẹp dây dạng chữ U (Part 5 - U-bolt wire rope grips)

1.3 Thuật ngữ và định nghĩa

(1) Trong tiêu chuẩn này, các thuật ngữ và định nghĩa sau được áp dụng.

1.3.1

Tao (strand)

Một phần tử của dây thường bao gồm một tập hợp các sợi có hình dạng và kích thước phù hợp được đặt xoắn ốc theo cùng một hướng hoặc ngược chiều trong một hoặc nhiều lớp xung quanh một trung tâm

1.3.2

Bó (strand rope)

Một tập hợp của một số tao được đặt xoắn ốc trong một hoặc nhiều lớp xung quanh lõi (dây một lớp) hoặc trung tâm (dây chống xoay hoặc đóng song song)

1.3.3

Dây bện xoắn (spiral rope)

Một tổ hợp tối thiểu hai lớp dây được đặt xoắn ốc trên một dây trung tâm

1.3.4

Cáp bện xoắn (spiral strand rope)

Dây bện chỉ bao gồm sợi tròn

1.3.5

Cáp bện khóa hoàn toàn (fully locked coil rope)

Dây bện xoắn có một lớp bên ngoài hình chữ Z được khóa hoàn toàn

1.3.6

Hệ số điền đầy f

Tỷ lệ của tổng diện tích mặt cắt kim loại danh nghĩa của tất cả các sợi trong một sợi dây (A) và diện tích bao quanh (A_u) của dây xác định trên đường kính danh nghĩa của nó (d)

1.3.7

Hệ số tổn thất do xoay (spinning loss factor) k

Hệ số triết giảm cho việc xây dựng dây bao gồm trong hệ số kéo đứt K

1.3.8

Hệ số kéo đứt (breaking force factor) (K)

Hệ số thực nghiệm được sử dụng trong việc xác định lực kéo đứt tối thiểu của một sợi dây, xác định như sau:

$$K = \frac{\pi f k}{4}$$

trong đó: f là hệ số điền đầy của dây;

k là hệ số tổn thất do xoay.

CHÚ THÍCH: Hệ số K cho các cáp dây và công trình được cho trong các phần tương ứng của EN 12385.

1.3.9

Lực kéo đứt nhỏ nhất (minimum breaking force) (F_{min})

Lực kéo đứt nhỏ nhất được xác định như sau:

$$F = \frac{d^2 R_r K}{1000} \text{ [kN]}$$

trong đó: d là đường kính của dây, mm;

K là hệ số kéo đứt;

R_r là cấp dây, N/mm².

1.3.10

Cấp dây (rope grade) (R_r)

Mức độ yêu cầu lực kéo đứt được chỉ định bởi một giá trị (ví dụ: 1770 [N/mm²], 1960 [N/mm²])

CHÚ THÍCH: Các cấp dây không nhất thiết phải tương ứng với các cấp độ bền kéo của sợi trong dây.

1.3.11

Trọng lượng riêng (unit weight) (w)

Trọng lượng bản thân của dây dựa trên tiết diện kim loại (A_m) và chiều dài đơn vị có xét đến mật độ của thép và hệ thống chống bảo vệ ăn mòn.

1.3.12**cáp (cable)**

Thành phần chịu kéo chính trong kết cấu (ví dụ: cầu dây văng) có thể bao gồm một dây, tao hoặc bó sợi hoặc bó cáp song song.

1.4 Ký hiệu

(1) Đối với tiêu chuẩn này, áp dụng các ký hiệu được nêu tại mục 1.6 của TCVN X1993-1-1 và mục 1.6 của TCVN X1993-1-9.

(2) Các ký hiệu bổ sung được định nghĩa tại vị trí xuất hiện đầu tiên.

CHÚ THÍCH: Các ký hiệu có thể có ý nghĩa khác nhau.

2 Cơ sở thiết kế**2.1 Tổng quát**

(1) Việc thiết kế kết cấu có dây căng phải tuân theo các quy định chung được nêu tại TCVN X1990.

(2) Các quy định bổ sung cho dây căng nêu tại tiêu chuẩn này cũng cần được áp dụng.

(3) Để cải thiện độ bền lâu, có thể áp dụng các cấp tiếp xúc môi trường sau:

Bảng 2.1: Các cấp tiếp xúc môi trường

Tác động môi	Tác động ăn mòn	
	không tiếp xúc với bên ngoài	tiếp xúc với bên ngoài
không có tác động môi đáng kể	cấp 1	cấp 2
tác động môi dọc trục là chủ yếu	cấp 3	cấp 4
tác động môi dọc trục và ngang (gió & mưa)	–	cấp 5

(4) Liên kết giữa dây/thanh căng và kết cấu phải thay thế và điều chỉnh được.

2.2 Các yêu cầu

(1) P Các trạng thái giới hạn sau phải được xét đến khi thiết kế dây/thanh căng:

1. ULS (trạng thái giới hạn cực hạn): Lực dọc tác dụng không được vượt quá độ bền chịu kéo thiết kế, xem phần 6.

2. SLS (trạng thái giới hạn sử dụng): Mức ứng suất và biến dạng trong cấu kiện không được vượt quá giá trị giới hạn, xem phần 7.

CHÚ THÍCH: vì lý do độ bền lâu, các kiểm tra theo trạng thái giới hạn sử dụng có thể là chủ yếu so với kiểm tra theo trạng thái giới hạn cực hạn.

3. Mỏi: biên độ ứng suất do sự biến thiên của lực dọc trục, gió và mưa gây ra dao động không được vượt quá giá trị giới hạn, xem phần 0 và 0.

CHÚ THÍCH: do khó khăn trong việc mô hình hóa các đặc trưng của nguồn kích thích của các phần tử dây căng, việc kiểm tra theo trạng thái giới hạn sử dụng cần được bổ sung cùng với việc kiểm tra chịu mỏi.

(2) Để ngăn chặn khả năng chùng dây căng (ví dụ ứng suất nhỏ hơn 0 và gây ra việc mất kiểm soát ổn định hoặc mỏi hoặc hư hỏng cho kết cấu hoặc bộ phận phi kết cấu) và đối với một số loại kết cấu, dây căng cần được gia biến dạng trước lên kết cấu (ứng suất trước).

Trong các trường hợp như vậy, tác động thường xuyên bao gồm tác động do tải trọng trọng trường “G” và ứng lực trước “P”, cần được xem như là tác động thường xuyên duy nhất “G+P” để áp dụng hệ số riêng γ_{G_i} liên quan, xem Điều 5.

CHÚ THÍCH: Đối với các vật liệu và phương pháp thi công khác, có thể áp dụng các quy định tổ hợp khác của “G” và “P”.

(3) Bất kỳ các phụ kiện nào của dây/thanh căng như gối chuyển hướng hoặc kẹp phải được thiết kế cho trạng thái giới hạn về độ bền và Trạng thái giới hạn sử dụng với cường độ kéo đứt hoặc độ bền quy ước của cáp làm tác động, xem phần 6. Đối với mỗi xem TCVN X1993-1-9.

CHÚ THÍCH: Tác động mỏi lên dây phụ thuộc bán kính của gối hoặc diện tích của neo (xem Hình 6.1 về bán kính tối thiểu).

2.3 Tác động

2.3.1 Trọng lượng bản thân của dây căng

(1) Giá trị đặc trưng của trọng lượng của dây/thanh căng và các phụ kiện của chúng phải được xác định theo diện tích tiết diện ngang và tỷ trọng của vật liệu trừ khi số liệu được cho bởi các phần liên quan của EN 12385.

(2) Đối với cáp bện xoắn, cáp bện xoắn khóa hoàn toàn hoặc cáp kết cấu thì trọng lượng riêng danh nghĩa g_k có thể xác định theo công thức sau:

$$g_k = wA_m \quad (2.1)$$

trong đó: A_m là diện tích tiết diện ngang của phần kim loại (mm²);

w là trọng lượng đơn vị có xét đến tỷ trọng của thép bao gồm cả lớp bảo vệ chống ăn mòn, xem Bảng 2.2 (N/mm³).

(3) A_m được xác định theo công thức sau:

$$A_m = \frac{\pi d^2}{4} f \quad (2.2)$$

trong đó: d là đường kính ngoài của dây hoặc tao, bao gồm cả lớp vỏ bọc bảo vệ ăn mòn (mm);

f là hệ số điền đầy, xem Bảng 2.2.

Bảng 2.2: Trọng lượng riêng w và hệ số điền đầy f

		Hệ số điền đầy f						Trọng lượng riêng $w \times 10^{-7}$ $\left[\frac{N}{mm^3} \right]$	
		Sợi lõi + 1 lớp sợi - z	Sợi lõi + 2 lớp sợi - z	Sợi lõi + > 2 lớp sợi - z	Số lớp sợi bao quanh sợi lõi				
					1	2	3-6		>6
1	Cáp bện xoắn				0,77	0,76	0,75	0,73	830
2	Cáp bện xoắn khóa hoàn toàn	0,81	0,84	0,88					830
3	Cáp bện sợi tròn				0,56				930

(4) Đối với dây song song hoặc tạo song song thì diện tích tiết diện ngang của kim loại được xác định như sau:

$$A_m = n a_m \quad (2.3)$$

trong đó: n là số lượng sợi hoặc tạo giống nhau của dây;

a_m là tiết diện ngang của sợi (xác định từ đường kính của nó) hoặc của dây (ứng lực trước) (xác định từ tiêu chuẩn thích hợp).

(5) Đối với các dây/thanh căng thuộc nhóm C, trọng lượng bản thân phải được xác định từ trọng lượng thép của các sợi hoặc các tạo riêng lẻ và trọng lượng của vật liệu bảo vệ (HDPE, sáp, v.v.)

2.3.2 Tác động do gió

(1) Các ảnh hưởng do gió cần phải xét đến bao gồm:

- hiệu ứng tĩnh của lực kéo của gió lên cáp, xem TCVN X1991-1-4, bao gồm độ võng và hiệu ứng uốn tại hai đầu cáp;
- hiệu ứng khí động học và các kích thích khác gây ra dao động của cáp, xem phần 8.

2.3.3 Tải trọng băng

(1) Đối với tải trọng băng, xem Phụ lục B của TCVN X1993-3-1.

2.3.4 Tác động nhiệt

- (1) Các tác động nhiệt cần xét đến bao gồm ảnh hưởng của sự chênh lệch nhiệt độ giữa cáp và kết cấu.
- (2) Đối với cáp lộ thiên (tiếp xúc bên ngoài), tác động do chênh lệch nhiệt độ cần phải xét đến, xem TCVN X1991-1-5.

2.3.5 Lực căng trước

- (1) Lực căng trước trong cáp phải thỏa mãn yêu cầu về hình dạng hình học và phân bố ứng suất của kết cấu sau khi tất cả tải trọng thường xuyên được chất đủ.

- (2) Cần phải cung cấp các thiết bị kéo căng và thiết bị điều chỉnh cáp và giá trị đặc trưng của lực căng trước để có được hình dạng theo yêu cầu nêu trong (1) tại trạng thái giới hạn đang xem xét.
- (3) Nếu việc điều chỉnh cáp không được thực hiện thì ảnh hưởng của sự biến thiên của lực căng trước cần được xét đến trong thiết kế kết cấu.

2.3.6 Sự thay thế và mất dây/thanh căng

- (1) Việc thay thế ít nhất một dây/thanh căng phải được xét đến khi thiết kế trong trường hợp thiết kế ngắn hạn.

CHÚ THÍCH: Phụ lục Quốc gia có thể định nghĩa điều kiện tải trọng ngắn hạn và hệ số riêng cho trường hợp thay thế.

- (2) Khi cần xét đến việc đột ngột mất đi một dây/thanh căng thì cần xét trong trường hợp thiết kế bất thường.

CHÚ THÍCH 1: Phụ lục Quốc gia có thể định nghĩa khi nào cần áp dụng trường hợp thiết kế bất thường và đưa ra yêu cầu về bảo vệ và điều kiện tải trọng, ví dụ như cho cáp phụ của cầu.

CHÚ THÍCH 2: Trong trường hợp không có phân tích chi tiết, ảnh hưởng của việc đột ngột mất đi dây/thanh căng có thể được xét, thiên về an toàn, bằng ảnh hưởng tác động phụ thêm E_d :

$$E_d = k(E_{d2} - E_{d1}) \quad (2.3)$$

trong đó: $k = 1,5$;

E_{d1} đại diện cho ảnh hưởng thiết kế của tất cả các cáp còn nguyên vẹn;

E_{d2} đại diện cho ảnh hưởng thiết kế của cáp bị mất đi liên quan.

2.3.7 Tải trọng mới

- (1) Tải trọng mới xem TCVN X1991.

2.4 Các trường hợp thiết kế và hệ số riêng

2.4.1 Trường hợp thiết kế ngắn hạn khi thi công

- (1) Đối với giai đoạn thi công, hệ số riêng của tải trọng thường xuyên có thể được điều chỉnh để phù hợp với trường hợp thiết kế cụ thể và mô hình trạng thái giới hạn.

CHÚ THÍCH: Phụ lục Quốc gia có thể quy định hệ số γ_{Gi} trong giai đoạn thi công. Khuyến nghị sử dụng các giá trị γ_{Gi} sau:

$\gamma_G = 1,10$ đối với khoảng thời gian ngắn (chỉ vài tiếng đồng hồ) khi lắp đặt tào cáp đầu tiên trong quy trình lắp đặt lần lượt từng tào cáp;

$\gamma_G = 1,20$ khi lắp đặt các tào cáp khác;

$\gamma_G = 1,00$ đối với hiệu ứng có lợi.

2.4.2 Trường hợp thiết kế dài hạn khi sử dụng

- (1) Đối với trạng thái giới hạn về độ bền, Trạng thái giới hạn sử dụng và kiểm tra mỏi, hệ số riêng γ_M được xác định dựa theo:

- mức độ nghiêm ngặt của điều kiện được sử dụng của thí nghiệm kiểm chứng
- các biện pháp được sử dụng để hạn chế ảnh hưởng do uốn.

CHÚ THÍCH: Các giá trị phù hợp của γ_M được cho trong phần 6.

3 Vật liệu

3.1 Cường độ của thép và sợi thép

(1) Các giá trị đặc trưng f_y và f_u của thép kết cấu và $f_{0,2}$ hoặc $f_{0,1}$ và f_u của sợi thép phải được xác định từ các chỉ dẫn kỹ thuật liên quan.

CHÚ THÍCH 1: Đối với thép xem TCVN X1993-1-1 và TCVN X1993-1-4.

CHÚ THÍCH 2: Đối với sợi thép xem EN 10264, phần 1 đến phần 4.

CHÚ THÍCH 3: Đối với dây xem EN 12385, phần 4 và phần 10.

CHÚ THÍCH 4: Đối với đầu kết thúc của sợi thép xem EN 13411-3.

CHÚ THÍCH 5: Đối với tảo cáp xem EN 10138-3.

CHÚ THÍCH 6: Phụ lục Quốc gia có thể quy định giá trị lớn nhất của f_u vì lý do độ bền lâu. Kiến nghị sử dụng các giá trị dưới đây:

-	sợi thép	sợi tròn: cường độ chịu kéo danh định:	1770 N/mm ²
		sợi Z: cường độ chịu kéo danh định:	1570 N/mm ²
-	sợi thép không gỉ sợi tròn: cường độ chịu kéo danh định:	1450 N/mm ²	

3.2 Mô đun đàn hồi

3.2.1 Dây/thanh căng nhóm A

(1) Mô đun đàn hồi E của dây/thanh căng nhóm A có thể lấy bằng 210000 N/mm²; khi sử dụng thép không gỉ thì lấy theo TCVN X1993-1-4.

3.2.2 Dây/thanh căng nhóm B

(1) Mô đun đàn hồi của dây/thanh căng nhóm B phải được xác định từ thí nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Mô đun đàn hồi phụ thuộc vào độ lớn của ứng suất, việc cáp có bị kéo căng trước hay không và chu kỳ chất hạ tải.

CHÚ THÍCH 2: Độ cứng chịu kéo của dây/thanh căng nhóm B và C có thể được xác định bằng tích giữa mô đun đàn hồi với tiết diện ngang của phần kim loại A_m .

(2) Mô đun cắt tuyến cần được sử dụng như mô đun đàn hồi để phân tích kết cấu trong trường hợp thiết kế dài hạn trong khi sử dụng. Giá trị đặc trưng cần được xác định cho mỗi chủng loại và đường kính cáp, được xác định sau một số chu kỳ tải (ít nhất là 5) biến thiên giữa F_{inf} và F_{sup} để đảm bảo đạt được giá trị ổn định. Trong đó F_{inf} và F_{sup} là lực nhỏ nhất và lớn nhất trong cáp dưới tác dụng của giá trị đặc trưng của tác động thường xuyên và thay đổi.

(3) Đối với các mẫu thử ngắn (chiều dài mẫu $\leq 10 \times$ chiều dài bước) thì giá trị từ biến thu được sẽ nhỏ hơn so với cáp dài.

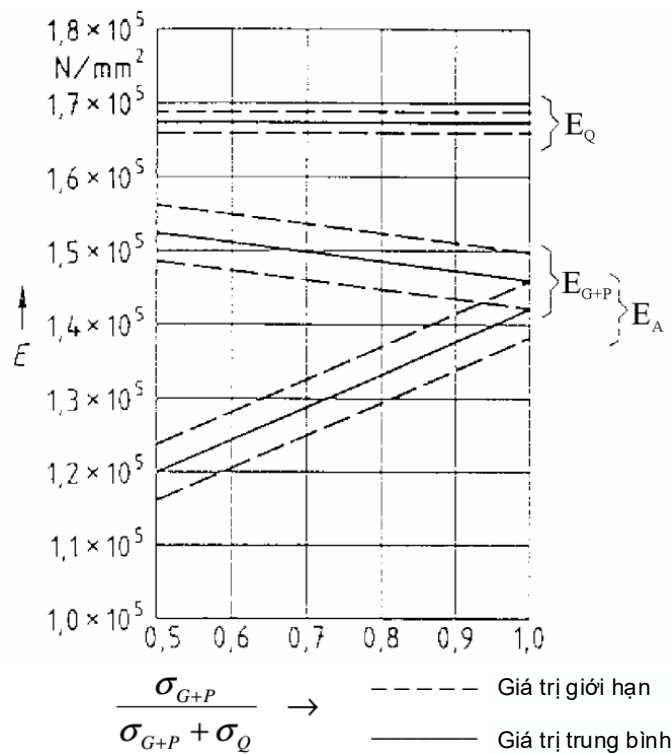
CHÚ THÍCH 1: Trong trường hợp không có các giá trị chính xác hơn, hiệu ứng này có thể được xét đến để cắt cáp bằng cách xét đến độ co ngắn phụ thêm là 0,15 mm/m.

CHÚ THÍCH 2: Khi không có kết quả thí nghiệm, các giá trị danh nghĩa của mô đun đàn hồi sử dụng như ước lượng ban đầu được cho trong Bảng 3.1. Để biết thêm thông tin, xem EN 10138.

Bảng 3.1: Mô đun đàn hồi E_Q ứng với các giá trị tải trọng thay đổi Q

	Cấu kiện chịu kéo cường độ cao	E_Q [kN/mm ²]	
		sợi thép	sợi thép không gỉ
1	Cáp bện xoắn	150 ± 10	130 ± 10
2	Cáp bện xoắn khóa hoàn toàn	160 ± 10	–
3	Bó sợi với CWR	100 ± 10	90 ± 10
4	Bó sợi với CF	80 ± 10	–
5	Bó sợi song song	205 ± 5	–
6	Bó cáp song song	195 ± 5	–

CHÚ THÍCH 3: Giá trị danh nghĩa của mô đun đàn hồi E của cáp bện khóa hoàn toàn được cho trong Hình 3.1. Các giá trị ước tính này áp dụng cho tải trọng lặp trong khoảng từ 30% đến 40% cường độ kéo đứt tính toán F_{uk} .



- σ_{G+P} ứng suất dưới tác dụng của tác động thường xuyên đặc trưng
- σ_Q ứng suất lớn nhất dưới tác dụng của tải trọng tạm thời đặc trưng
- E_Q mô đun đàn hồi trong trường hợp thiết kế dài hạn khi sử dụng
- E_{G+P} mô đun đàn hồi khi phân tích theo trường hợp thiết kế ngắn hạn khi thi công cho đến tải trọng thường xuyên G+P
- E_A mô đun đàn hồi để cắt theo chiều dài

Hình 3.1: Mô đun đàn hồi E cho cáp bện xoắn khóa hoàn toàn không kéo trước dùng cho cầu

CHÚ THÍCH 4: Cáp nhóm B không căng trước thể hiện cả biến dạng đàn hồi và biến dạng lâu dài khi chịu tải trọng tĩnh. Kiến nghị, đối với cáp loại này nên kéo căng trước hoặc sau khi lắp đặt bởi tải trọng lặp đến ứng suất lớn nhất bằng $0,45\sigma_{uk}$. Để cắt theo chiều dài, loại cáp này nên kéo căng với độ chính xác liên quan đến thiết bị để điều chỉnh tại hiện trường.

CHÚ THÍCH 5: Các giả thiết sau áp dụng cho Hình 3.1:

- chiều dài bước lớn hơn $10 \times$ đường kính

- giá trị nhỏ nhất của ứng suất là 100 N/mm²

Giá trị ứng suất nhỏ nhất là giới hạn dưới của miền đàn hồi.

3.2.3 Dây/thanh căng nhóm C

- (1) Mô đun đàn hồi của dây/thanh căng nhóm C được xác định theo EN 10138 hoặc Bảng 3.1.

3.3 Hệ số giãn nở nhiệt

Hệ số giãn nở nhiệt được lấy như sau:

$$\alpha_T = 12 \times 10^{-6} \text{ (1/}^\circ\text{C)} \quad \text{đối với sợi thép}$$

$$\alpha_T = 16 \times 10^{-6} \text{ (1/}^\circ\text{C)} \quad \text{đối với thép không gỉ}$$

3.4 Cắt theo chiều dài các dây/thanh căng nhóm B

- (1) Các tao chỉ được đánh dấu theo chiều dài khi để cắt tại tải trọng cắt quy định.
- (2) Để cắt được đúng chiều dài, các số liệu sau phải được xem xét:
 - các giá trị do độ giãn dài giữa σ_A và σ_{G+P} sau khi chịu tải chu kỳ theo 3.2.2(2)
 - chênh lệch giữa nhiệt độ thiết kế (thường là 10 °C) và nhiệt độ môi trường khi cắt cáp
 - từ biến dài hạn dưới tác dụng của tải trọng
 - độ giãn dài bổ sung sau khi lắp đặt kẹp cáp
 - biến dạng sau lần chịu tải đầu tiên.

CHÚ THÍCH: Từ biến của cáp và thiết đặt đầu côn sẽ tiếp tục sau khi lắp đặt, do đó có thể cần tải trọng cao hơn khi lắp đặt để xét đến từ biến của cáp và đổ vữa đầu côn sau khi làm mát kim loại nóng chảy và sau khi chất tải lần đầu.

3.5 Chiều dài và dung sai chế tạo

- (1) Tổng chiều dài của cáp và tất cả các điểm đo để gắn gói chuyển hướng và kẹp cáp cần được đánh dấu dưới tải trọng chất trước xác định.

CHÚ THÍCH: Các quy định về đánh dấu kiểm soát bổ sung cho phép việc kiểm tra chiều dài chính xác sau khi các bộ phận được lắp đặt.

- (2) Dung sai chế tạo cần phải xét đến sau khi kéo giãn trước và chất hạ tải theo chu kỳ.
- (3) Khi kết cấu nhạy cảm với độ lệch so với giá trị hình học danh nghĩa (ví dụ do từ biến), cần cung cấp các thiết bị để điều chỉnh.

3.6 Hệ số ma sát

- (1) Hệ số ma sát giữa cáp cuộn khóa hoàn toàn và các phụ kiện bằng thép (kẹp, gói chuyển hướng, phụ kiện) phải được xác định từ thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Lực ma sát có thể giảm bằng cách giảm đường kính nếu tăng lực kéo.

- (2) Hệ số ma sát cho các loại cáp khác cũng phải xác định từ thí nghiệm, xem Phụ lục A.

4 Độ bền lâu của sợi, dây và tao

4.1 Tổng quát

- (1) Đối với dây/thanh nhóm B và C thuộc cấp tiếp xúc môi trường 2, 4 và 5 theo Bảng 2.1, phải được bảo vệ chống ăn mòn như sau:
 1. Mỗi sợi phải được bảo vệ chống ăn mòn;
 2. Bên trong dây phải được bảo vệ để ngăn chặn xâm nhập ẩm;
 3. Mặt ngoài phải được bảo vệ chống ăn mòn.
- (2) Các dây/thanh căng nhóm C như định nghĩa tại Bảng 1.1. phải có hai lớp bảo vệ chống ăn mòn có lớp bề mặt chung hoặc chất độn giữa hai lớp bảo vệ.
- (3) Cần bổ sung chống ăn mòn tại kẹp và neo để ngăn nước xâm nhập.
- (4) Khi vận chuyển, lưu trữ và xử lý, xem Phụ lục B.

4.2 Bảo vệ chống ăn mòn cho từng sợi

- (1) Mỗi sợi thép thuộc nhóm B và C của dây/thanh căng phải được bọc kẽm hoặc hợp chất hợp kim kẽm.
- (2) Đối với dây/thanh căng nhóm B, thì lớp bọc kẽm hoặc hợp kim kẽm cho sợi tròn phải phù hợp với cấp A theo EN 10264-2. Lớp bảo vệ của sợi có hình dạng khác phải phù hợp với cấp A theo EN 10264-3.

CHÚ THÍCH 1: Thông thường sợi hình chữ Z được mạ kẽm với chiều dày lớp mạ đến 300 g/m² để cho phép giảm chiều dày tại góc nhọn.

CHÚ THÍCH 2: Sợi được phủ hợp kim Zn95Al5 có khả năng chống ăn mòn tốt hơn so với mạ kẽm với cùng chiều dày lớp mạ. Sợi tròn hoặc sợi hình chữ Z có thể được phủ Zn95Al5 với trọng lượng cơ bản.

- (3) Đối với dây/thanh căng nhóm C, lớp phủ của sợi phải tuân theo EN 10138.

4.3 Bảo vệ chống ăn mòn bên trong dây/thanh căng nhóm B

- (1) Tất cả các khoảng trống bên trong cáp phải được điền đầy bằng chất độn chủ động hoặc thụ động để không bị chiếm chỗ bởi nước, nhiệt hoặc rung động.

CHÚ THÍCH 1: Chất độn chủ động là dầu gốc polyurethane với sơn bụi kẽm.

CHÚ THÍCH 2: Chất độn thụ động có thể là sáp đàn dẻo vĩnh cửu hoặc vảy nhôm trong nhựa hydrocarbon.

CHÚ THÍCH 3: Chất độn áp dụng khi sản xuất dây/thanh căng có thể đùn ra khi dây/thanh chịu tải, do vậy các biện pháp bảo vệ ăn mòn khác phải được áp dụng đúng lúc.

CHÚ THÍCH 4: Chất độn phải được lựa chọn để tránh sự không tương thích với các biện pháp bảo vệ ăn mòn khác được áp dụng cho cáp.

4.4 Bảo vệ chống ăn mòn bên ngoài dây/thanh căng nhóm B

- (1) Sau khi thi công xong, các biện pháp bảo vệ chống ăn mòn bổ sung phải được áp dụng để bù đắp cho các hư hỏng và sự mất mát của lớp kẽm bảo vệ.

CHÚ THÍCH: Lớp bảo vệ này có thể là lớp bọc polyethylene hoặc sơn giàu kẽm. Chiều dày tối thiểu của lớp polyethylene phải bằng 1/15 đường kính ngoài của dây và không được nhỏ hơn 3 mm.

Lớp sơn phải bao gồm tối thiểu các thành phần sau:

- polyurethane 2 × 50 μm với lớp phủ bụi kẽm;

- polyurethane $2 \times 125 \mu\text{m}$ với lớp phủ mica sắt.

(2) Đầu cáp sử dụng sợi thép không gỉ và thép không gỉ không được bảo vệ chống ăn mòn bổ sung phải phù hợp với cáp bảo vệ chống ăn mòn liên quan.

CHÚ THÍCH 1: Phụ lục Quốc gia có thể chỉ định cấp bảo vệ chống ăn mòn cho thép không gỉ.

CHÚ THÍCH 2: Sợi bọc Zn95Al5 có độ bền gấp 3 lần so với sợi bọc kẽm nặng trong cùng điều kiện.

4.5 Bảo vệ chống ăn mòn dây/thanh căng nhóm C

(1) Dây/thanh căng nhóm C thường được bọc bằng ống thép hoặc nhựa polyethylene tuân theo các tiêu chuẩn liên quan với khoảng cách bên trong giữa ống và cáp được điền đầy bằng hợp chất chống ăn mòn phù hợp hoặc vữa xi măng.

(2) Có thể sử dụng lớp vỏ nhựa polyethylene trực tiếp hoặc lớp phủ epoxy trên từng tao hoặc cáp.

(3) Vỏ bọc sử dụng cho cáp phải đảm bảo không thấm nước tại vị trí nối với neo. Các mối nối phải được thiết kế để không bị đứt khi vỏ bọc chịu kéo.

(4) Các khoảng trống phải được điền đầy bằng vật liệu kỵ nước liên tục mà không gây tác động bất lợi cho dây/thanh căng. Ngoài ra, cáp có thể được bảo vệ bằng cách lưu thông không khí khô trong vỏ bọc.

CHÚ THÍCH 1: Vật liệu kỵ nước liên tục là chất dẻo mềm như dầu mỡ, sáp hoặc nhựa mềm hoặc chất dẻo cứng như xi măng. Sự phù hợp của chất dẻo phải được chứng minh bằng thử nghiệm. Việc lựa chọn chất dẻo có thể được quy định trong Phụ lục Quốc gia.

CHÚ THÍCH 2: Việc bảo vệ chống ăn mòn cho cáp chính của cầu dây văng đòi hỏi một quy trình đặc biệt. Sau khi ép cáp chính vào tiết diện yêu cầu, cáp được quấn chặt bằng dây mềm mạ kẽm trong một lớp dán phù hợp đủ để lấp đầy các khoảng trống giữa sợi cáp bên ngoài và dây quấn. Sau khi loại bỏ phần dư thừa bên ngoài dây quấn, bề mặt phủ kẽm được làm sạch và sơn. Việc xử lý đặc biệt là cần thiết cho neo cáp cầu dây văng khi loại bỏ lớp quấn. Phương pháp bảo vệ phổ biến là hút ẩm không khí xung quanh sợi cáp.

4.6 Bảo vệ chống ăn mòn tại liên kết

(1) Cần phải ngăn nước mưa chảy theo cáp vào kẹp, gối chuyển hướng và neo.

(2) Các liên kết của kết cấu dây phải được bịt kín.

5 Phân tích kết cấu

5.1 Tổng quát

(1) P Việc phân tích phải được thực hiện đối với các trạng thái giới hạn được xem xét trong các điều kiện thiết kế sau:

1. giai đoạn thi công ngắn hạn
2. làm việc dài hạn sau khi thi công xong.

5.2 Trường hợp thiết kế ngắn hạn khi thi công

(1) Quá trình thi công bao gồm lắp dựng cáp, kéo căng và sơ đồ hình học của kết cấu phải đảm bảo các điều kiện sau:

- hình dạng hình học theo yêu cầu
- sự phân bố ứng suất thường xuyên thỏa mãn điều kiện của các trạng thái giới hạn về độ bền và giới hạn về sử dụng cho tất cả các trường hợp thiết kế.

- (2) Để tuân thủ các biện pháp kiểm soát trong toàn bộ quá trình thi công (ví dụ: các phép đo hình dạng, độ dốc, biến dạng, tần số hoặc lực), tất cả các phép tính phải được thực hiện bằng cách sử dụng các giá trị đặc trưng của tải trọng dài hạn, biến dạng cưỡng bức và tác động cưỡng bức.
- (3) Nếu trạng thái giới hạn về độ bền khi kéo căng được kiểm soát bởi các hiệu ứng khác nhau của tải trọng trọng trường “G” và lực căng trước “P”, thì hệ số riêng γ_P áp dụng cho “P” phải được định nghĩa cho trường hợp này.

CHÚ THÍCH: Phụ lục quốc gia có thể đưa ra giá trị của γ_P , giá trị $\gamma_P = 1$ được khuyến nghị.

5.3 Trường hợp thiết kế thường xuyên khi sử dụng

- (1) Đối với mọi trường hợp thiết kế dài hạn khi sử dụng, tác động dài hạn “G” do trọng trường và lực cắt trước hoặc ứng suất trước “P” phải được kết hợp thành một tác động dài hạn đơn lẻ “G + P” tương ứng với hình dạng dài hạn của kết cấu.
- (2) Khi kiểm tra theo trạng thái giới hạn sử dụng, tác động “G + P” phải được bao gồm trong tổ hợp tác động liên quan. Khi kiểm tra theo trạng thái giới hạn cực hạn EQU hoặc STR (xem TCVN X1990), các tác động thường xuyên “G + P” phải được nhân với hệ số riêng $\gamma_{G\ sup}$ nếu ảnh hưởng của tác động dài hạn và tác động tạm thời là bất lợi. Nếu các tác động thường xuyên “G + P” là có lợi, chúng phải được nhân với hệ số riêng $\gamma_{G\ inf}$.

CHÚ THÍCH: Phụ lục Quốc gia có thể đưa ra hướng dẫn về việc sử dụng hệ số riêng γ_G và “G + P” trong trường hợp ngoài phạm vi của TCVN X1993.

- (3) Khi ảnh hưởng của tác động phi tuyến do biến dạng là đáng kể trong quá trình sử dụng, thì các ảnh hưởng này phải được xét đến, xem 5.4.

5.4 Ảnh hưởng phi tuyến do biến dạng

5.4.1 Tổng quát

- (1) Cần xét đến các ảnh hưởng của biến dạng từ hiệu ứng dây căng và sự co ngắn hoặc giãn dài của dây/thanh bao gồm cả ảnh hưởng do từ biến.

5.4.2 Hiệu ứng dây xích

- (1) Hiệu ứng xây xích có thể được xét đến bằng cách sử dụng mô đun hữu hiệu E_t cho từng sợi cáp hoặc phân đoạn của nó.

$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{w^2 l^2 E}{12\sigma^3}} \quad (5.1)$$

trong đó: E là mô đun đàn hồi của cáp (N/mm²);

w là trọng lượng đơn vị, xác định theo Bảng 2.2 (N/mm³);

l là nhịp theo phương ngang của cáp (mm);

σ là ứng suất trong cáp (N/mm²). Đối với trường hợp theo 5.3 là σ_{G+P} .

5.4.3 Ảnh hưởng của biến dạng lên kết cấu

- (1) Đối với phân tích bậc hai, ảnh hưởng của tác động do tải trọng tạm thời gây ra phải được xét đến hình dạng hình học ban đầu của kết cấu do tải trọng thường xuyên “ $G + P$ ” gây ra tại nhiệt độ T_0 cho trước.
- (2) Đối với phân tích bậc hai tại trạng thái giới hạn sử dụng, hiệu ứng của tác động phải được xác định theo tổ hợp tải trọng đặc trưng. Các hiệu ứng tác động này có thể sử dụng để kiểm tra đối với trạng thái giới hạn cực hạn theo 7.2.
- (3) Đối với phân tích bậc hai về ứng xử phi tuyến của kết cấu (phản ứng của kết cấu ngoài miền đàn hồi) tại trạng thái giới hạn cực hạn, thì hình dạng hình học thường xuyên của kết cấu tại nhiệt độ tham chiếu T_0 cần được tổ hợp với ứng suất do “ $\gamma_G(G + P)$ ” gây ra. Giá trị thiết kế của tác động tạm thời $\gamma_Q Q_{k1} + \gamma_Q \psi_2 Q_{k2}$ có thể được áp dụng cùng nhau với giá định thích hợp cho sự không hoàn hảo của kết cấu.

CHÚ THÍCH: Về γ_G xem 5.3(2).

6 Trạng thái giới hạn về độ bền

6.1 Hệ thanh căng

- (1) Hệ thanh căng phải được thiết kế theo trạng thái giới hạn cực hạn theo TCVN X1993-1-1 hoặc TCVN X1993-1-4 căn cứ vào loại thép sử dụng.

6.2 Thép ứng lực trước và dây/thanh căng nhóm B và C

- (1) P Đối với trạng thái giới hạn cực hạn, cần phải kiểm tra

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1 \quad (6.1)$$

trong đó: F_{Ed} là giá trị thiết kế của lực dọc trong dây;

F_{Rd} là độ bền kéo thiết kế.

- (2) Độ bền kéo thiết kế F_{Rd} được xác định như sau:

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{F_{uk}}{1,5\gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R} \right\} \quad (6.2)$$

trong đó: F_{uk} là giá trị đặc trưng của cường độ kéo đứt;

F_k là giá trị đặc trưng của giới hạn bền quy ước của dây/thanh căng, được cho trong Bảng 6.1;

γ_R là hệ số riêng.

CHÚ THÍCH 1: F_{uk} tương ứng với giá trị đặc trưng của cường độ chịu kéo cực hạn.

Bảng 6.1: Giá trị đặc trưng của giới hạn bền quy ước F_k của dây/thanh căng

Nhóm	Tiêu chuẩn liên quan	F_k
A	EN 10138-1	$F_{0,1k}^*$
B	EN 10264	$F_{0,2k}$
C	EN 10138-1	$F_{0,1k}$
*) Đối với thanh ứng suất trước xem TCVN X1993-1-1 và TCVN X1993-1-4		

CHÚ THÍCH 2: Việc kiểm tra đối với lực F_k nhằm đảm bảo dây/thanh căng vẫn làm việc trong giai đoạn đàn hồi ngay cả khi các tác động đạt đến giá trị thiết kế. Các kiểm tra này không cần thực hiện đối với dây/thanh (ví dụ dây dạng cuộn được khóa hoàn toàn) khi $F_k \geq \frac{F_{uk}}{1,5}$

CHÚ THÍCH 3: Bằng các thử nghiệm khi cung cấp để chứng minh các giá trị thử nghiệm F_{uke} và F_{ke} thỏa mãn yêu cầu

$$\begin{aligned} F_{uke} &> F_{uk}; \\ F_{ke} &> F_k; \\ &\text{xem EN 12385, phần 1.} \end{aligned}$$

CHÚ THÍCH 4: Hệ số riêng γ_R có thể được quy định trong Phụ lục Quốc gia. Giá trị của nó phụ thuộc vào việc có biện pháp để giảm mô men uốn do cáp bị xoay, xem 7.1(2). Kiến nghị sử dụng giá trị γ_R trong Bảng 6.2.

Bảng 6.2: Giá trị kiến nghị của γ_R

Biện pháp để giảm thiểu ứng suất uốn tại neo	γ_R
Có	0,90
Không	1,00

(3) Đối với thanh ứng suất trước và dây/thanh căng nhóm C, giá trị đặc trưng của cường độ kéo đứt được xác định như sau:

$$F_{uk} = A_m f_{uk} \quad (6.3)$$

trong đó: A_m là diện tích tiết diện kim loại, xem 2.3.1;

f_{uk} là giá trị đặc trưng của cường độ chịu kéo của thanh, sợi hoặc tao (ứng lực trước) theo tiêu chuẩn liên quan.

(4) Đối với dây/thanh căng nhóm B, F_{uk} được xác định theo:

$$F_{uk} = F_{min} k_e \quad (6.4)$$

trong đó F_{min} được xác định theo EN 12385-2.

$$F_{min} = \frac{K d^2 R_r}{1000} [kN] \quad (6.5)$$

trong đó: K là hệ số lực kéo đứt nhỏ nhất có xét đến tổn hao do xoay;

d là đường kính danh nghĩa của dây, mm;

R_r là cấp của dây, N/mm²;

k_e là hệ số tổn hao cho trong Bảng 6.3 cho một số dạng đầu kết thúc.

CHÚ THÍCH: K , d , R_r được chỉ định cho tất cả dây theo EN 12385-2.

Bảng 6.3: Hệ số tổn hao k_e

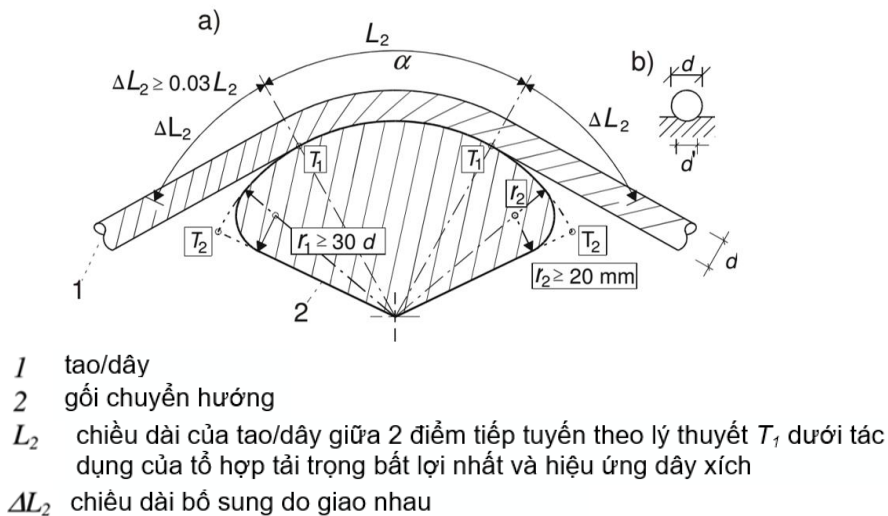
Loại neo đầu cuối	k_e
Ổ neo kim loại	1,0
Ổ neo nhựa	1,0
Khâu an toàn	0,9
Ổ neo swag	0,9
Kẹp chữ U	0,8 *)

*) Đối với kẹp chữ U, có thể giảm tải trước.

6.3 Gối chuyển hướng

6.3.1 Điều kiện về hình học

(1) Khi kích thước của gối chuyển hướng thỏa mãn yêu cầu nêu tại hình 6.1, (2) và (3), thì ứng suất do độ cong của dây gây ra có thể bỏ qua trong thiết kế.



Hình 6.1: Sơ đồ tao/dây qua gối chuyển hướng

CHÚ THÍCH: Việc tuân thủ các yêu cầu trong (1) ở trên sẽ làm cho độ bền kéo đứt của tao và dây giảm không vượt quá 3 %.

(2) Bán kính r_1 của gối không được nhỏ hơn giá trị lớn hơn giữa $30d$ và $r_1 \geq 400\phi$, trong đó

ϕ là đường kính của sợi;

d là đường kính của cáp;

d' là bề rộng tiếp xúc.

(3) Giá trị của r_1 có thể giảm xuống $20d$ khi lớp đệm của dây có ít nhất 60% đường kính được phủ bằng kim loại mềm hoặc phun kẽm với chiều dày tối thiểu là 1 mm.

(4) Có thể sử dụng đường kính nhỏ hơn cho cáp bên xoắn nếu được chứng minh bằng thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Vị trí của T_1 và T_2 phải được xác định cho trường hợp tải liên quan có xét đến sự dịch chuyển của gối và cáp.

6.3.2 Sự trượt của cáp trên gối chuyển hướng

(1) Để tránh trượt, cần thỏa mãn điều kiện sau:

$$\max \left\{ \frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}} \right\} \leq e^{\left\{ \frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}} \quad (6.6)$$

trong đó: F_{Ed1}, F_{Ed2} là giá trị thiết kế của lực lớn nhất và nhỏ nhất tương ứng ở hai bên của cáp;

μ là đường kính danh nghĩa của dây (mm);

α là góc của cáp khi qua gối (rad);

$\gamma_{M,fr}$ là hệ số riêng do ma sát.

CHÚ THÍCH: Hệ số riêng $\gamma_{M,fr}$ có thể được quy định trong Phụ lục Quốc gia. Kiến nghị lấy $\gamma_{M,fr} = 1,65$.

(2) Nếu (1) không thỏa mãn, cần cung cấp kẹp để truyền lực kẹp hướng tâm bổ sung F_r sao cho:

$$\frac{F_{Ed1} - \frac{kF_r\mu}{\gamma_{M,fr}}}{F_{Ed2}} \leq e^{\left\{ \frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}} \quad (6.7)$$

trong đó: k thường lấy bằng 2,0 khi ma sát được huy động hoàn toàn giữa rãnh của gối và kẹp, đồng thời F_r không vượt quá sức kháng của cáp đối với lực kẹp, xem 6.3.3. Các trường hợp khác lấy $k = 1,0$;

$\gamma_{M,fr}$ là hệ số riêng của sức kháng ma sát.

(3) Khi xác định F_r từ các bu lông gia tải trước, cần xem xét các hiệu ứng sau:

- từ biến dài hạn;
- giảm đường kính nếu lực kéo tăng;
- cáp bị kẹp;
- giảm lực trong bu lông của kẹp do ngoại lực;
- sự chênh lệch nhiệt độ.

6.3.3 Áp lực ngang

(1)P Áp lực ngang q_{Ed} do lực kẹp hướng tâm phải giới hạn ở mức

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} \leq 1 \quad (6.8)$$

trong đó: $q_{Ed} = \frac{F_r}{d' L_2}$ và $0,6d \leq d' \leq d$, (ý nghĩa của d' xem Hình 6.1b);

$$q_{Rd} = \frac{q_{Rk}}{\gamma_{M,bed}};$$

q_{Rk} là giá trị giới hạn của áp lực ngang xác định từ thí nghiệm;

$\gamma_{M,bed}$ là hệ số riêng.

Chú thích: Để tính q_{Rd} , áp lực từ F_{Ed1} không cần phải xem xét vì nó đã được xét đến theo quy định tại 6.3.1.

(2) Khi không làm thí nghiệm, giá trị giới hạn của áp lực ngang q_{Rk} được xác định theo Bảng 6.4.

CHÚ THÍCH 1: Việc sử dụng giá trị giới hạn q_{Rk} với $\gamma_{M,bed} = 1,00$ sẽ làm giảm cường độ kéo đứt của cáp không quá 3 %.

Bảng 6.4: Giá trị giới hạn của q_{Rk}

Loại cáp	q_{Rk} [N/mm ²]	
	Kẹp và gối thép	Kẹp và gối có đệm
Cáp bện xoắn khóa hoàn toàn	40	100
Cáp bện xoắn	25	60

CHÚ THÍCH 2: Kẹp có đệm phải có một lớp kim loại mềm hoặc lớp phun kẽm với chiều dày tối thiểu là 1 mm.

6.3.4 Thiết kế gối chuyển hướng

(1) Gối phải được thiết kế với lực trong cáp bằng k lần cường độ kéo đứt đặc trưng F_{uk} của cáp.

CHÚ THÍCH: Hệ số k có thể được quy định tại Phụ lục Quốc gia. Khuyến nghị lấy $k = 1,10$.

6.4 Kẹp

6.4.1 Kẹp chống trượt

(1) P Khi các kẹp truyền lực dọc cho cáp và các phần (xem Hình 6.2) không được khóa cơ học với nhau, thì cần kiểm tra điều kiện chống trượt dưới đây:

$$F_{Ed\parallel} \leq \frac{(F_{Ed\perp} + F_r)\mu}{\gamma_{M,fr}} \quad (6.9)$$

trong đó: $F_{Ed\parallel}$ là thành phần song song với cáp của ngoại lực thiết kế;

$F_{Ed\perp}$ là thành phần vuông góc với cáp của ngoại lực thiết kế;

F_r là lực kẹp hướng tâm được xem xét có thể giảm trong 0(3);

μ là hệ số ma sát;

$\gamma_{M,fr}$ là hệ số riêng của ma sát.

CHÚ THÍCH 1: Hệ số riêng $\gamma_{M,fr}$ có thể được quy định trong Phụ lục Quốc gia. Khuyến nghị lấy $\gamma_{M,fr} = 1,65$.

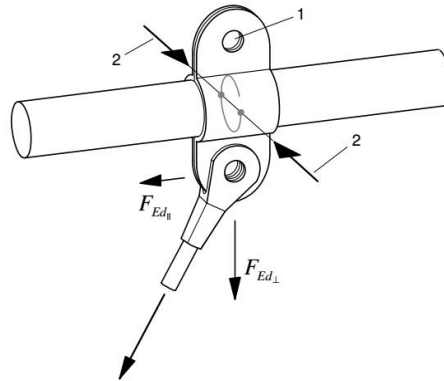
CHÚ THÍCH 2: F_r có thể tăng hoặc giảm theo ngoại lực theo cách mà chúng tác dụng lên kẹp cáp.

6.4.2 Áp lực ngang

(1) Áp lực ngang do giá trị lớn hơn giữa $F_{Ed\perp}$ và $F_{Ed\perp} + F_r$ phải thỏa mãn yêu cầu tại 6.3.3.

6.4.3 Thiết kế kẹp

(1) Kẹp và các phụ kiện liên kết của nó như móc với cáp chính phải được thiết kế chịu một lực bằng 1,15 lần giá trị đặc trưng của giới hạn độ bền quy ước F_k của các bộ phận phụ được kẹp, xem Hình 6.2.



- 1 Lỗ cho bu lông căng trước
2 Lực F_r của bu lông căng trước

Hình 6.2: Kẹp

CHÚ THÍCH: F_k không liên quan trực tiếp đến trạng thái giới hạn cực hạn. Khi sử dụng F_k , sẽ áp dụng thiết kế theo khả năng (xem TCVN X1993-1-1, 1.5.8).

7 Trạng thái giới hạn sử dụng

7.1 Tiêu chí kiểm tra

(1) Các tiêu chí kiểm tra trong trạng thái giới hạn sử dụng cần xét đến bao gồm:

1. Biến dạng hoặc rung động;
2. Làm việc trong miền đàn hồi khi sử dụng.

CHÚ THÍCH 1: Việc giới hạn về biến dạng hoặc rung động có thể dẫn đến yêu cầu về độ cứng của hệ kết cấu, kích thước và lực gia tải trước của dây/thanh căng cường độ cao, và khả năng kháng trượt của phụ kiện.

CHÚ THÍCH 2: Giới hạn làm việc trong miền đàn hồi và độ bền lâu liên quan đến giá trị ứng suất lớn nhất và nhỏ nhất của tổ hợp tải trọng trong trạng thái giới hạn sử dụng.

(2) Ứng suất uốn trong vùng neo có thể được giảm bằng các biện pháp phù hợp (ví dụ miếng đệm cao su khi chịu tải trọng ngang).

7.2 Ứng suất giới hạn

(1) Ứng suất giới hạn có thể được chỉ định đối với tổ hợp tải trọng đặc trưng vì các mục đích sau:

- để giữ ứng suất trong miền đàn hồi đối với tình huống thiết kế liên quan trong khi thi công và khi sử dụng;
- để giới hạn biến dạng sao cho biện pháp kiểm soát ăn mòn không bị ảnh hưởng, ví dụ sự rạn nứt của vỏ, chất độn cứng, hồ mối nối, v.v., và cho các yếu tố bất định trong thiết kế chịu môi;
- kiểm tra trong trạng thái giới hạn cực hạn cho ứng xử tuyến tính của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng;

(2) Ứng suất giới hạn liên quan đến cường độ kéo đứt như sau:

$$\sigma_{uk} = \frac{F_{uk}}{A_m} \quad (7.1)$$

xem công thức (6.3).

CHÚ THÍCH 1: Phụ lục Quốc gia có thể đưa ra giá trị của giới hạn ứng suất f_{const} và f_{SLS} . Giá trị khuyến nghị cho f_{const} được cho trong Bảng 7.1 đối với giai đoạn thi công và cho f_{SLS} được cho trong Bảng 7.2 đối với giai đoạn sử dụng.

Bảng 7.1: Giới hạn ứng suất f_{const} khi thi công

Trạng thái lắp đặt	f_{const}
Sau khi lắp đặt dây/thanh căng đầu tiên chỉ sau vài tiếng đồng hồ	$0,60 \sigma_{uk}$
Sau khi lắp đặt các dây/thanh căng khác	$0,55 \sigma_{uk}$

CHÚ THÍCH 2: Giới hạn ứng suất thỏa mãn điều kiện sau

$$f_{const} = \frac{\sigma_{uk}}{1,50 \gamma_R \gamma_F} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{\gamma_R \gamma_F} \quad (7.2)$$

với: $\gamma_R \times \gamma_F = 1,0 \times 1,10 = 1,10$ đối với tình huống ngắn hạn;

$\gamma_R \times \gamma_F = 1,0 \times 1,20 = 1,20$ đối với tình huống dài hạn.

Bảng 7.2: Giới hạn ứng suất f_{SLS} khi làm việc

Điều kiện tải trọng	f_{SLS}
Thiết kế mỗi bao gồm ứng suất uốn *)	$0,50 \sigma_{uk}$
Thiết kế mỗi không bao gồm ứng suất uốn	$0,45 \sigma_{uk}$
*) Ứng suất uốn có thể được giảm bằng giải pháp chi tiết, xem 7.1(2).	

CHÚ THÍCH 3: Giới hạn ứng suất thỏa mãn điều kiện sau

$$f_{SLS} = \frac{\sigma_{uk}}{1,50 \gamma_R \gamma_F} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{\gamma_R \gamma_F} \quad (7.3)$$

với: $\gamma_R \times \gamma_F = 0,9 \times 1,48 = 1,33$ khi có ứng suất uốn;

$\gamma_R \times \gamma_F = 1,0 \times 1,48 = 1,48$ khi không có ứng suất uốn;

trong đó: $\gamma_F \approx \gamma_Q = 1,50 \approx 1,48$.

CHÚ THÍCH 4: Giới hạn ứng suất $f_{SLS} = 0,45 \sigma_{uk}$ được sử dụng cho thí nghiệm, xem Phụ lục A.

8 Rung động của cáp

8.1 Tổng quát

(1) Đối với các dây cáp tiếp xúc với bên ngoài (ví dụ: dây văng), mọi rung động do gió gây ra trong và sau khi lắp dựng và ảnh hưởng của chúng đối với an toàn phải được kiểm tra.

(2) Các lực khí động lên cáp có thể được gây ra bởi:

a) rung lắc (do rối trong dòng khí)

b) sự biến đổi xoáy (từ xoáy von Karman phía sau cáp)

- c) mất ổn định khí động dạng uốn (tự gây ra)
- d) wake galloping (tương tác lỏng – đàn hồi giữa các cáp gần nhau)
- e) tương tác của gió, mưa với cáp

CHÚ THÍCH: Không thể có galloping trên cáp với tiết diện tròn vì lý do đối xứng. Hiện tượng này có thể phát sinh với các dây cáp nơi hình dạng thay đổi rõ ràng, do sự hình thành các lớp băng hoặc bụi. Các lực do c), d) và e) là một hàm của chuyển động của cáp (phản hồi) và do sự mất ổn định khí động dẫn đến rung động biên độ lớn bắt đầu ở tốc độ gió tới hạn. Vì cơ chế kích thích động chưa thể được mô hình hóa với độ chính xác đủ để đưa ra dự đoán đáng tin cậy, nên cung cấp các biện pháp để hạn chế rung động không lường trước.

- (3) Rung động của cáp cũng có thể được gây ra bởi các lực động tác dụng trên các phần khác của kết cấu (dầm, tháp).

CHÚ THÍCH: Hiện tượng này thường được gọi là “kích thích tham số”, liên quan đến rung động có biên độ lớn khi tần số riêng của cáp treo và kết cấu trùng nhau.

8.2 Các biện pháp giảm rung động của cáp

- (1) Các kết cấu được đỡ bởi cáp phải được theo dõi các rung động vượt quá do gió và mưa gây ra bằng cách kiểm tra trực quan hoặc các phương pháp khác cho phép xác định chính xác biên độ, dạng dao động và tần số của chúng.
- (2) Trong thiết kế kết cấu cáp, cần phải đưa ra các quy định về việc lắp đặt các biện pháp kiểm soát rung động trong và sau khi lắp dựng.
- (3) Các biện pháp có thể bao gồm:
 - a) thay đổi bề mặt cáp (hình dạng khí động học);
 - b) thiết bị giảm rung;
 - c) cáp ổn định (ví dụ buộc cáp với các kết nối phù hợp).

8.3 Ước tính rủi ro

- (1) Rung động của cáp do mưa và gió gây ra cần được ngăn chặn trong thiết kế; điều này có thể liên quan đến việc sử dụng dây cáp có hoa văn bề mặt.
- (2) Nguy cơ rung động tăng theo chiều dài dây cáp. Đối với cáp ngắn (dưới 70 m đến 80 m) thường không gây ra rủi ro, ngoại trừ trong trường hợp kết cấu đặc biệt không ổn định (sàn mềm) xảy ra cộng hưởng tham số. Do đó, bộ giảm rung không cần thiết cho cáp ngắn.
- (3) Đối với cáp dài có chiều dài lớn hơn 80 m nên được thực hiện để lắp đặt bộ giảm rung để đảm bảo tỷ số nhớt tới hạn vượt quá 0,5%. Bộ giảm rung có thể được phân phối trên dây cáp nhịp sau, nơi không có khả năng có bất kỳ sự dịch chuyển lớn nào của neo vì nhịp ngắn.
- (4) Rủi ro cộng hưởng tham số nên được đánh giá ở giai đoạn thiết kế bằng cách nghiên cứu các dạng mất ổn định của kết cấu và dây văng, xem xét tỷ lệ tần số góc và độ dịch chuyển neo cho từng dạng dao động.
- (5) Các biện pháp nên được thực hiện để tránh sự trùng tần số, tức trong trường hợp tần số kích thích cáp Ω nằm trong 20% tần số của kết cấu ω_n hoặc $2\omega_n$. Nếu cần thiết, cáp ổn định có thể được sử dụng để bù tần số góc cho dây cáp.
- (6) Để thoải mái và an toàn cho người dùng, nên hạn chế biên độ rung của dây văng bằng cách sử dụng tiêu chí đáp ứng sao cho với tốc độ gió vừa phải là 15 m/s, thì biên độ dao động của dây cáp không được vượt quá $L/500$, trong đó L là chiều dài của cáp.

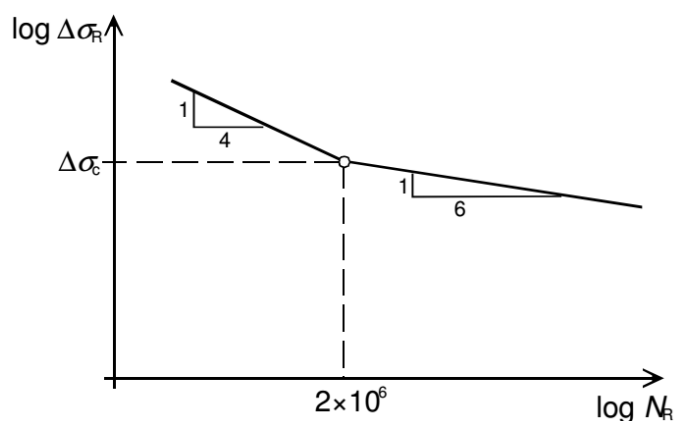
9 Môi

9.1 Tổng quát

- (1) Độ bền mỏi của các cấu kiện dây/thanh căng thuộc cấp tiếp xúc môi trường 3, 4 hoặc 5 trong Bảng 2.1 phải được xác định bằng cách sử dụng các tác động môi từ TCVN X1991 và loại chi tiết kết cấu thích hợp.
- (2) Phá hoại do mỏi của hệ thống cáp thường xảy ra tại các neo, gối chuyển hướng hoặc kẹp. Chi tiết tại các vị trí này tốt nhất nên được xác định từ các thử nghiệm thể hiện cấu hình thực tế được sử dụng và tái tạo bất kỳ hiệu ứng uốn hoặc ứng suất ngang nào có thể xảy ra trong thực tế. Việc đánh giá thử nghiệm phải được thực hiện theo TCVN X1990 - Phụ lục D.

9.2 Tải trọng dao động dọc trục

- (1) Trong trường hợp không có các thử nghiệm được mô tả trong 9.1(2) ở trên, các đường cong cường độ mỏi và các loại chi tiết có thể được lấy từ Hình 9.1 và Bảng 9.1, tương ứng.



Hình 9.1: Đường cong cường độ mỏi của cấu kiện dây/thanh căng

Bảng 9.1: Các loại chi tiết cho cường độ mỏi theo TCVN X1993-1-9

Nhóm	Cấu kiện dây/thanh căng		Loại chi tiết $\Delta\sigma_c$ [N/mm ²]
A	1	Thanh ứng lực trước	105
B	2	Cáp bện xoắn khóa hoàn toàn hoặc ổ neo nhựa	150
	3	Cáp bện xoắn với ổ neo kim loại hoặc neo nhựa	150
C	4	Bó cáp song song với neo epoxy	160
	5	Bó cáp song song	160
	6	Bó sợi song song	160

CHÚ THÍCH: Các loại chi tiết trong Bảng 9.1 đề cập đến các cấp tiếp xúc môi trường 3 và 4 theo Bảng 2.1. Đối với các tác động môi dọc trục và theo phương ngang (cấp tiếp xúc môi trường 5 theo Bảng 2.1) các biện pháp bảo vệ bổ sung được yêu cầu để giảm thiểu ứng suất uốn.

- (2) Các loại/nhóm được nêu trong (1) chỉ có hiệu lực khi áp dụng các điều kiện sau:

- a) cáp có ổ neo tuân thủ các yêu cầu cơ bản trong Phụ lục A;
- b) thiết kế dây cáp, gối chuyển hướng và kẹp tuân theo 6;

TCVN X1993-1-11:202x

- c) các dao động khí động học lớn của cáp được ngăn chặn, xem 8;
 - d) được bảo vệ chống ăn mòn đầy đủ, xem 4.
- (3) Để đánh giá độ mỏi xem TCVN X1993-1-9

A. Phụ lục A [Tham khảo] – Yêu cầu sản phẩm của cấu kiện dây/thanh căng

A.1 Phạm vi

- (1) Phụ lục này đưa ra các yêu cầu sản phẩm đối với các cấu kiện dây/thanh căng và các đầu nối của chúng được sử dụng cho các tòa nhà và công trình kỹ thuật dân dụng.
- (2) Các yêu cầu dựa trên việc sử dụng cụ thể của các cấu kiện dây/thanh căng chế tạo sẵn bao gồm các điều kiện môi trường và tải trọng.
- (3) Các cấu kiện dây/thanh căng chế tạo sẵn sau đây được đề cập:
 - Nhóm A: hệ thanh căng, thanh thép;
 - Nhóm C: bó sợi song song, bó thanh thép, bó cáp song song.

A.2 Các yêu cầu cơ bản

- (1) Các cấu kiện dây/thanh căng phải tuân thủ các tiêu chí sau:
 1. cường độ và độ dẻo của hệ cáp và đầu nối của chúng;
 2. độ bền mỏi do thay đổi tải trọng dọc trục, ứng suất uốn, độ lệch góc gây ra bởi hiệu ứng dây xích, lực gió và sự không hoàn hảo trong lắp dựng;
 3. điều kiện ổn định của độ cứng dọc trục và uốn của hệ cáp (ví dụ: bảo đảm bằng cách căng trước);
 4. bảo vệ cáp và neo chống ăn mòn;
 5. chịu được mài mòn tại vị trí tiếp xúc giữa các phần thép với nhau.
- (2) Đầu nối và đầu neo của các cấu kiện dây/thanh căng phải được thiết kế thỏa mãn:
 1. khả năng chịu lực cực hạn của cấu kiện dây/thanh căng sẽ đạt được trước khi có bất kỳ biến dạng dẻo hoặc biến dạng lâu dài của neo hoặc cấu kiện chịu lực xảy ra;
 2. khả năng chịu mỏi của chúng lớn hơn các cấu kiện dây/thanh căng;
 3. phương tiện điều chỉnh chiều dài cấu kiện được cung cấp để thỏa mãn yêu cầu của việc gia tải trước, sai số hình học, v.v.;
 4. neo có thể điều chỉnh để đáp ứng sự không hoàn hảo trong sản xuất và lắp dựng;
 5. các cấu kiện dây/thanh căng có thể thay thế.
- (3) Các yêu cầu trên có thể được đáp ứng bởi:
 - lựa chọn vật liệu thích hợp cho dây, sợi, thép và lớp phủ bảo vệ;
 - lựa chọn hình thức công trình liên quan đến cường độ, độ cứng, độ dẻo, độ bền và độ bền cho sản xuất, vận chuyển, xử lý và lắp đặt;
 - kiểm soát chất lượng của việc lắp chính xác đầu nối để đảm bảo sự liên kết chính xác của các cấu kiện dây/thanh căng khi làm việc.
- (4) Cần tuân thủ các yêu cầu trên bằng cách kiểm tra như một phần của hệ thống quản lý chất lượng phù hợp.

A.3 Vật liệu

- (1) Tất cả các vật liệu được sử dụng phải tuân thủ các thông số kỹ thuật liên quan.

(2) Sự phù hợp của hệ thống chống ăn mòn bao gồm độ bền lâu của chất độn và vật liệu bảo vệ cần được chứng minh bằng thử nghiệm thích hợp.

CHÚ THÍCH: Việc kiểm tra có thể chứng minh các điều sau:

- bảo vệ chống lại các tác nhân gây hại (hóa chất, nứt ăn mòn ứng suất, UV);
- độ kín nước (tính linh hoạt và độ bền lâu khi uốn cấp);
- độ bền của màu sắc (nếu cần).

A.4 Yêu cầu về thử nghiệm

A.4.1 Tổng quát

- (1) Các thử nghiệm sau đây đối với dây, bện, thanh và các bộ phận chịu lực hoàn chỉnh phải đảm bảo rằng chúng thực hiện theo yêu cầu.
- (2) F_{ke} và F_{uke} (xem 6.2) phải được xác định trong thử nghiệm lực căng tĩnh. Nếu được yêu cầu (ví dụ để cắt theo chiều dài (xem 3.4) và phân tích kết cấu (xem 5)), thử nghiệm phải tuân theo biến dạng ứng suất dự đoán của cáp trong kết cấu để đo tất cả các dữ liệu liên quan.
- (3) Để xác định đường cong độ bền mỏi, khi có yêu cầu, một số thử nghiệm dọc trục đại diện phải được thực hiện ở $\sigma_{sup} = 0,45\sigma_{uk}$ (xem 7.2 (2)) với các giá trị khác nhau của ΔF , xem Bảng A.4.1.

Chú thích : Thí nghiệm mỏi nên được xét đến dưới kiểm soát tải trọng và không kiểm soát gia hạn.

Bảng A.4.1: Yêu cầu thí nghiệm cho phá hoại

Loại thí nghiệm		Tải trọng phá hoại trước khi thí nghiệm phá hoại
1	Thí nghiệm dọc trục (loại 3 và 4)	$\sigma_{sup} = 0,45\sigma_{uk}$ $\Delta\sigma$ theo $\Delta\sigma_c$ cho trong bảng 9.1 $\Delta\alpha = 0$ $n = 2 \times 10^6$ chu kỳ
2	Thí nghiệm dọc trục và uốn (loại 5)	$\sigma_{sup} = 0,45\sigma_{uk}$ $\Delta\sigma$ theo $\Delta\sigma_c$ cho trong bảng 9.1 $\Delta\alpha = 0 - 10$ milli rad (0 - 0,7 độ) $n = 2 \times 10^6$ chu kỳ

- (4) Nếu bộ phận chịu kéo phải chịu tải trọng mỏi và khả năng chịu mỏi được xác nhận theo 9.2 (2) thì phải thực hiện ít nhất một thử nghiệm cho mỗi đường kính của bộ phận đó. Cần kiểm tra rằng trong thử nghiệm dọc trục với $\sigma_{sup} = 0,45 \sigma_{uk}$ và $\Delta\sigma = 1,25 \Delta\sigma_c$ (xem Bảng 9.1), số lượng dây bị đứt sau 2×10^6 chu kỳ nhỏ hơn 2% tổng số. Không được xảy ra hư hỏng đối với vật liệu neo hoặc bất kỳ thành phần nào của neo trong các thử nghiệm mỏi. Không có phá hoại nào được chấp nhận cho các thanh.
- (5) Nếu bán kính vòng ra tại lõi vào của cáp trong hốc neo nhỏ hơn 30d (xem Hình 6.1), các thử nghiệm như mô tả trong (2) và (3) phải được thực hiện với $\Delta\alpha$ được quyết định bởi bán kính vòng ra.
- (6) Sau khi chịu tải mỏi, mẫu thử phải được chịu tải để đứt và phải tạo ra lực kéo tối thiểu bằng 92% cường độ kéo thực tế của cáp hoặc 95% cường độ kéo đứt tối thiểu của cáp, chọn giá trị nào lớn hơn. Biến dạng dưới tải trọng này không được nhỏ hơn 1,5%.
- (7) Các thử nghiệm mỏi phù hợp với EN 10138 phải được thực hiện trên các sợi đơn, dây hoặc thanh được lấy từ các mẫu của từng bộ phận chịu lực theo chiều dài được chế tạo.

A.4.2 Các cấu kiện chính chịu kéo

A.4.2.1 Sợi

(1) Sợi được bọc bằng hợp kim kẽm hoặc kẽm nên được kiểm tra trong máy thử nghiệm được phê duyệt.

A.4.2.2 Dây

(1) Các thử nghiệm phải được thực hiện về độ bền kéo, độ bền quy ước 0,1% và độ giãn dài theo EN 10138.

A.4.2.3 Thanh thép

(1) Các thử nghiệm phải được thực hiện về độ bền kéo, độ bền quy ước 0,1% và độ giãn dài theo EN 10138.

A.4.3 Dây và cáp hoàn chỉnh

(1) Nếu kích thước khác nhau của một sợi hoặc dây được sử dụng, ít nhất 3 thử nghiệm đại diện nên được thực hiện. Cáp phải được kiểm tra với tất cả các bộ phận chịu tải được gắn vào chúng và tải thử nghiệm phải được áp dụng theo cách tương tự như trong kết cấu.

A.4.4 Hệ số ma sát

(1) Nếu hệ số ma sát giữa các sợi và bộ chuyển hướng, kẹp v.v ... được xác định bằng cách kiểm tra những điều sau đây cần được tính đến:

- ảnh hưởng của tải trọng dọc trục đến đường kính của các sợi;
- từ biến do gia tải trước theo phương ngang (trên vật liệu điền đầy và lớp phủ kẽm).

(2) Khi đánh giá kết quả kiểm tra, ma sát có thể có lợi hoặc bất lợi tùy thuộc vào hiệu quả được xem xét.

A.4.5 Bảo vệ chống ăn mòn

A.4.5.1 Chống nước

(1) Độ bền của hệ thống cáp phải được xác minh bằng cách sử dụng “lão hóa gia tốc”, trong đó các chu kỳ của tải trọng dọc trục, uốn và nhiệt độ có thể được mô phỏng. Thử nghiệm phải được thực hiện cho một phần đại diện của đầu dưới hoàn chỉnh của cáp bao gồm các thiết bị neo, ống, v.v.

CHÚ THÍCH: Chi tiết của thử nghiệm có thể được cho trong Phụ lục Quốc gia.

A.4.5.2 Lớp bảo vệ chống ăn mòn

CHÚ THÍCH: Chi tiết về các thí nghiệm, ví dụ: thí nghiệm sương mù muối, có thể được đưa ra trong Phụ lục Quốc gia.

B. Phụ lục B [Tham khảo] – Vận chuyển, lưu trữ, xử lý

- (1) Cáp bện xoắn và cáp bện xoắn khóa hoàn toàn được cung cấp ở dạng cuộn hoặc ống cuộn.
- (2) Để giữ cho các dây bọc ngoài nằm trong đường kính tối thiểu của cuộn dây không được nhỏ hơn 30 lần đường kính dây của cáp bện xoắn khóa hoàn toàn, 24 lần đường kính dây của cáp bện xoắn và 16 lần đường kính của các sợi dây.

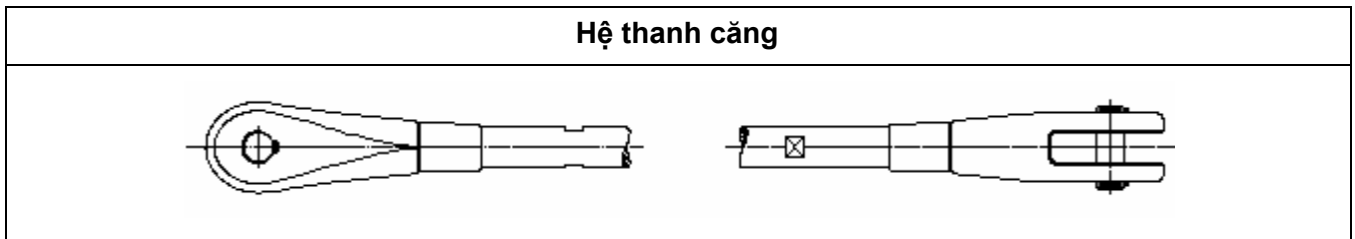
CHÚ THÍCH: Đường kính tối thiểu phụ thuộc vào hệ thống bảo vệ, thời gian lưu trữ và nhiệt độ. Cần thận trọng khi tháo dỡ ở nhiệt độ dưới 5°C.

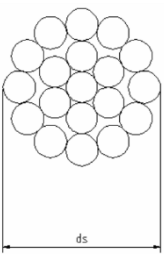
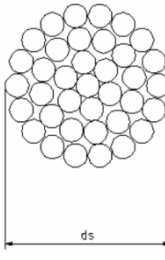
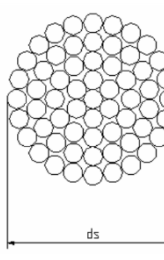
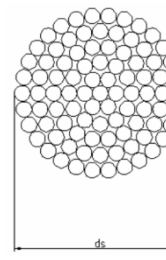
- (3) Nếu cáp được lưu trữ trong cuộn dây, mỗi cuộn dây phải được thông gió đúng cách (không tiếp xúc trực tiếp với mặt đất) để ngăn chặn bất kỳ sự hình thành của chỗ rộp trắng có thể do ngưng tụ hoặc độ ẩm.
- (4) Cáp phải được xử lý cẩn thận trong quá trình lắp đặt. Các cuộn dây đòi hỏi một bàn xoay để tháo gỡ ngang.
- (5) Với cáp không nên:
 - loại bỏ sự làm việc của chúng trước khi lắp đặt;
 - được uốn cong qua bán kính nhỏ hơn 30 lần đường kính cáp;
 - được kéo qua các cạnh sắc;
 - không bị vặn xoắn (quan sát đường đánh dấu cáp).
- (6) Các cấu kiện dây/thanh căng cần được theo dõi và kiểm tra trong suốt thời gian làm việc đối với các sai lệch so với điều kiện thiết kế, ăn mòn và hư hỏng.

CHÚ THÍCH: Phụ lục Quốc gia có thể hướng dẫn thêm về giám sát và kiểm tra.

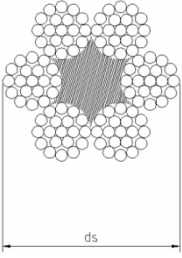
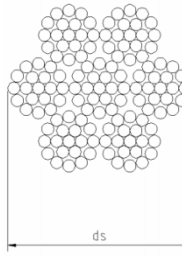

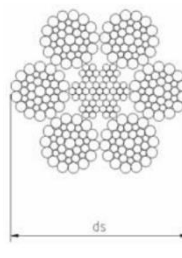
C. Phụ lục C [Tham khảo] – Chú giải

CHÚ THÍCH: Xem EN 12385, phần 2.

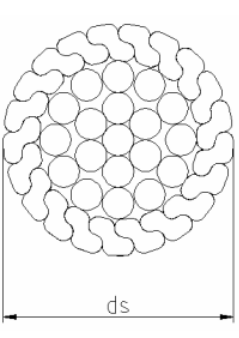
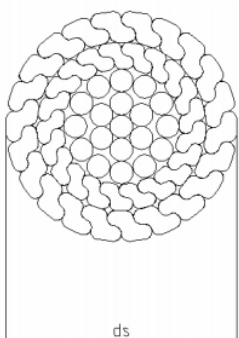
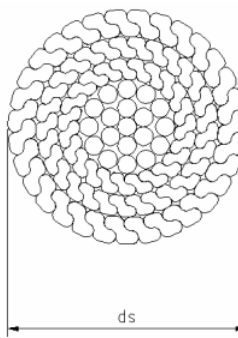
C.1 Sản phẩm nhóm A**C.2 Sản phẩm nhóm B**

Cáp bện xoắn				
				
Cấu tạo	1 x 19	1 x 37	1 x 61	1 x 91
Đường kính d_s [mm]	3 đến 14	6 đến 36	20 đến 40	30 đến 52
Số bó	1	1	1	1
Số sợi trong bó	19	37	61	91
Số sợi bên ngoài	12	18	24	30
Hệ số diện tích kim loại danh nghĩa C	0,6	0,59	0,58	0,58
Hệ số K của lực kéo đứt	0,525	0,52	0,51	0,51

Cáp/dây

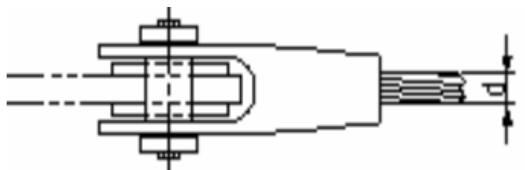

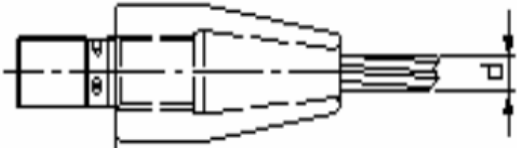
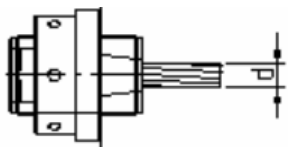
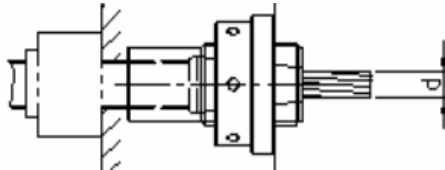
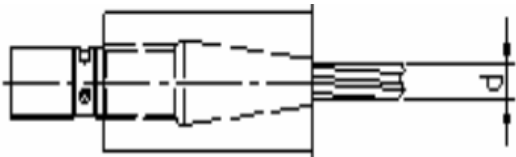
				
Cấu tạo	6 x 19 - CF	6 x 19 - CWS	6 x 36 WS - CF	6 x 36 WS - CWR
Đường kính d_s [mm]	6 đến 40	6 đến 40	6 đến 40	6 đến 40
Số bó	6	6	6	6
Số sợi trong bó	18	18	36	36
Số sợi bên ngoài	12	12	14	14
Hệ số diện tích kim loại danh nghĩa C	0,357	0,414	0,393	0,455
Hệ số K của lực kéo đứt	0,307	0,332	0,329	0,355

Cáp bện xoắn khóa hoàn toàn

			
Cấu tạo	1 lớp sợi Z	2 lớp sợi Z	≥ 3 lớp sợi Z
Đường kính d_s [mm]	20 đến 40	25 đến 50	40 đến 80
Sai số cho d_s	+ 5%	+ 5%	+ 5%
Hệ số diện tích kim loại danh nghĩa C	0,636	0,660	0,700
Hệ số K của lực kéo đứt	0,585	0,607	0,643

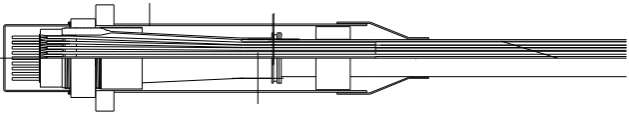
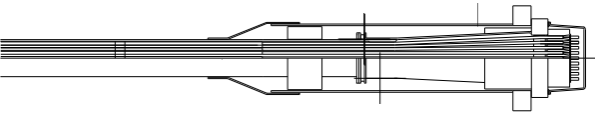
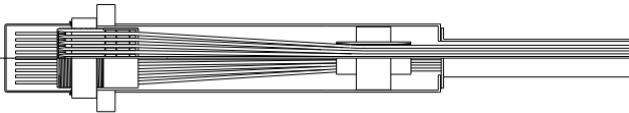
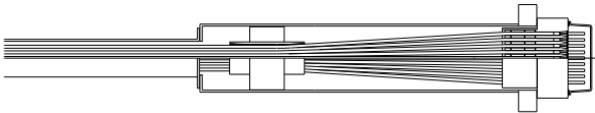
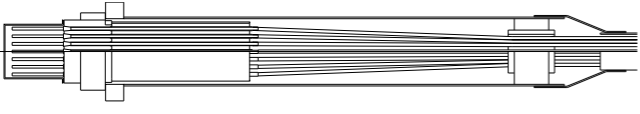
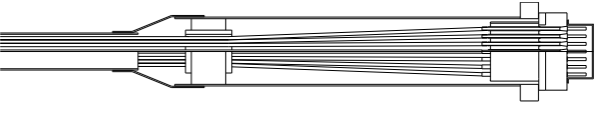
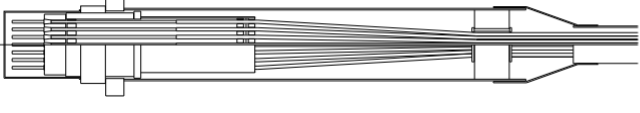
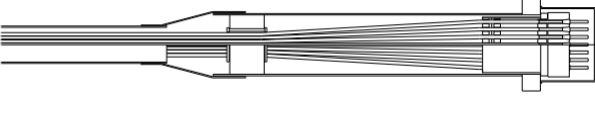
CHÚ THÍCH: Hệ số diện tích kim loại danh nghĩa và hệ số lực kéo đứt xem EN 12385-2.

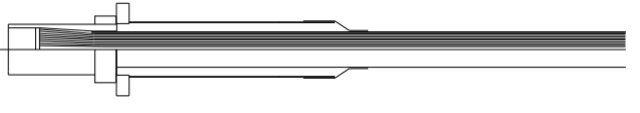
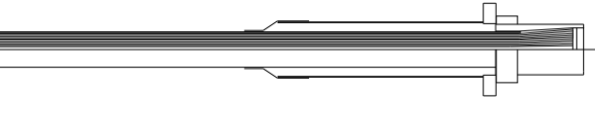
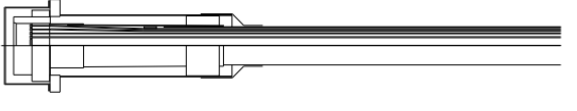
C.3 Đầu nối cáp



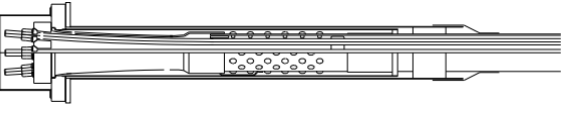
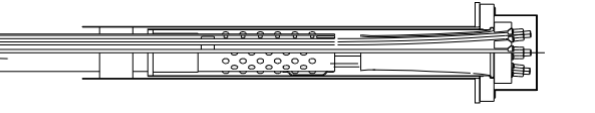
Đầu nối cuối dây - Kim loại hoặc nhựa thông	
Mở ổ cắm spelter	
Ổ cắm hình trụ	
Ổ cắm hình nón với ren trong và thanh căng	
Ổ cắm hình trụ với ren ngoài và đai ốc	
Ổ cắm hình trụ với ren và đai ốc bên trong và bên ngoài	
Ổ cắm hình trụ có ren trong và thanh căng	

Kết nối đầu dây	
Ổ neo swag hở	
Ổ neo swag kín	
Nối swag bằng ren	
Thimble có ống nối bằng nhôm đúc theo EN 13411-3	
kẹp bu lông chữ U theo EN 13411-5	

C.4 Sản phẩm nhóm C

Dây trần, dây PE hoặc phủ epoxy	
Đầu neo sóng	Đầu neo sóng
Neo với nêm và ổ neo bịt vữa sau - dây trần, dây phủ PE hoặc epoxy	
	
Neo với nêm và tấm niêm phong - dây bọc PE	
	
Neo với nêm và ống bơm vữa trước - dây phủ PE	
	
Neo với nêm và ống chuyển tiếp đầy sáp - dây bọc PE	
	

Sợi	
Đầu neo sóng	Đầu neo sóng
Neo với sợi và hợp chất độn neo	
	
Neo với sợi và đầu nút bịt bằng keo epoxy	
	

Thanh thép	
Đầu neo sóng	Đầu neo sóng
Neo với thanh đơn lẻ	
	
Neo nhiều thanh với vỏ bọc thép và rót vữa	
	

Phụ lục Quốc gia
Kèm theo TCVN X1993-1-11:202x

Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-11: Thiết kế kết cấu có dây/thanh căng

NA.1 Phạm vi

Phụ lục quốc gia này đưa ra:

a) Các quyết định cho các thông số do quốc gia xác định được mô tả trong các tiểu mục sau đây của TCVN X1993-1-11:202X

2.3.6 (1)	4.5 4)	6.4.1 (1)P
2.3.6 (2)	5.3 (2)	7.2(2)
2.4.1 (1)	6.2(2)	A.4.5.1 (1)
3.1 (1)	6.3.2 (1)	A.4.5.2 (1)
4.4 (2)	6.3.4 (1)	B (6)

b) Các quyết định về tình trạng phụ lục tham khảo của TCVN X1993-1-11:202x; và

c) tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn.

NA.2 Thông số do quốc gia xác định

NA.2.1 Thay thế và mất của các cấu kiện chịu kéo [TCVN X1993-1-11:202X, 2.3.6]

(1) Chú thích

Trong quá trình thay thế các cấu kiện chịu kéo, tất cả các phần tử của kết cấu phải đáp ứng các yêu cầu liên quan đến trạng thái về giới hạn sử dụng và cực hạn mà không có bất kỳ hạn chế nào đối với tải giao thông hoặc tải trọng tác dụng khác, trừ khi có quy định cụ thể khác trong chỉ dẫn kỹ thuật của dự án.

Nếu các hạn chế đối với tải giao thông và tải trọng tác dụng khác được xem xét, các biện pháp hạn chế cần được nêu chi tiết trong chỉ dẫn kỹ thuật của dự án.

Đối với các trạng thái giới cực hạn, các hệ số tải trọng và các hệ số kết hợp trong tình huống chuyển tiếp cần được thực hiện giống như đối với tổ hợp lâu dài.

Đối với các trạng thái giới hạn sử dụng, cần kiểm tra bằng cách sử dụng tổ hợp đặc trưng, thường xuyên hoặc tựa-lâu dài theo yêu cầu của các tiêu chuẩn liên quan.

(2) Chú thích

Trừ khi được quy định khác đối với các dự án cụ thể, các kết cấu phải được thiết kế để thích ứng với việc mất bất kỳ một móc treo, vẫn đứng vững mà không có bất kỳ hạn chế nào đối với tải giao thông hoặc các tải trọng tác dụng khác. Kết cấu phải được thiết kế để thỏa mãn tất cả các yêu cầu về trạng thái giới hạn cực hạn trong tổ hợp sự cố, bao gồm cả ảnh hưởng của động lực học của việc tháo cáp trong chú thích 2 của 2.3.6(2).

Trong trường hợp không thể thiết kế kết cấu để thích ứng với sự mất của một kết cấu dây căng đặc trưng, chỉ dẫn dự án phải chỉ rõ các biện pháp bảo vệ được áp dụng để ngăn chặn việc loại bỏ cấu kiện kết cấu dây căng đặc trưng.

NA.2.2 Tình huống thiết kế tạm thời khi thi công [TCVN X1993-1-11:202X, 2.4.1]**(1) Chú thích**

Giá trị đề xuất cho γ_{Gi} cần được áp dụng

NA.2.3 Cường độ của thép và dây [TCVN X1993-1-11:202X, 3.1]**(1) Chú thích 6**

Hiện tại không có giới hạn về giá trị tối đa cho f_u . Tuy nhiên, nghiên cứu hiện tại có thể thấy rằng dây cường độ cao hơn dễ bị phá hủy sớm hơn. Dây có độ bền chịu kéo lớn hơn giá trị tối đa được đề xuất cần được thống nhất và chỉ định trong chỉ dẫn kỹ thuật của dự án.

NA.2.4 Chống ăn mòn bên ngoài của kết cấu dây/thanh căng nhóm B [TCVN X1993-1-11:202X, 4.4]**(2) Chú thích 1**

Lớp về độ bền chống ăn mòn cho thép không gỉ cần được chỉ định cho các dự án cụ thể.

NA.2.5 Chống ăn mòn bên ngoài của cấu kiện chịu kéo nhóm C [TCVN X1993-1-11:202X, 4.5]**(4) Chú thích 1**

Các thí nghiệm cần được thực hiện cho tất cả các chất độn. Vật liệu kỵ nước liên tục có thể bao gồm các chất độn mềm như sáp hoặc nhựa mềm. Chất mỡ có thể phải chịu các vấn đề về ổn định nhiệt; do đó, nó không nên được sử dụng nếu không có kiểm tra phù hợp về độ ổn định nhiệt. Chất độn cứng, chẳng hạn như vữa xi măng không nên được sử dụng.

NA.2.6 Giai đoạn xây dựng tạm thời [TCVN X1993-1-11:202X, 5.2]**(3) Chú thích**

Giá trị đề xuất cho γ_p cần được áp dụng.

NA.2.7 Tình huống thiết kế lâu dài khi sử dụng [TCVN X1993-1-11:202X, 5.3]**(2) Chú thích**

Sự kết hợp của P và G thành một tác động duy nhất (G + P) không thích hợp cho các cầu dây cáp với sàn cứng, cầu căng sau bên ngoài và tháp và trụ, bởi vì giám sát hiện trường thông thường về độ lệch và điều chỉnh cáp sẽ không đủ để đảm bảo rằng không có sự mất cân bằng giữa G và P.

Do đó, các kết cấu nói trên không nằm trong phạm vi TCVN X1993-1-11:202X, 5.3. Nếu các quy định của TCVN X1993-1-11 được áp dụng cho các loại kết cấu như vậy, có ý kiến cho rằng các tác động P và G nên có các hệ số riêng được áp dụng riêng cho chúng theo yêu cầu trong 5.2(3). Trong những trường hợp như vậy, chỉ dẫn kỹ thuật của dự án cần đưa ra các giá trị của γ_G và γ_P sẽ được sử dụng.

NA.2.8 Thanh dự ứng lực và cấu kiện nhóm B và C [TCVN X1993-1-11:202X, 6.2]**(2) Chú thích 4**

Các giá trị được đề xuất cho γ_R trong bảng 6.2 cần được áp dụng.

NA.2.9 Trượt dây cáp của bàn trượt [TCVN X1993-1-11:2006, 6.3.2]

(1) Chú thích

Giá trị đề xuất cho $\gamma_{M,fr}$ cần được áp dụng.

NA.2.10 Thiết kế bàn trượt [TCVN X1993-1-11:202X, 6.3.4]

(1) Chú thích

Giá trị đề xuất cho k cần được áp dụng.

NA.2.11 Trượt dây cáp của bàn trượt [TCVN X1993-1-11:202X, 6.4.1]

(1)P Chú thích 1

Giá trị khuyến nghị cho $\gamma_{M, fr}$ cần được áp dụng.

NA.2.12 Giới hạn ứng suất [TCVN X1993-1-11:202X, 7.2]

(2) Chú thích 1

Các giá trị được đề xuất cho f_{const} trong Bảng 7.1 và f_{SLs} trong Bảng 7.2 cần được áp dụng.

NA.2.13 Chống thấm [TCVN X1993-1-11:202X, A.4.5.1]

(1) CHÚ THÍCH

Các cấu kiện chịu kéo cần được kiểm tra độ kín nước theo điều 11.3 của SETRA Cable Stays [1] trừ khi một thí nghiệm thay thế được chỉ định trong chỉ dẫn kỹ thuật của dự án.

NA.2.14 Chống ăn mòn [TCVN X1993-1-11:202X, A.4.5.2]

CHÚ THÍCH

Yêu cầu thí nghiệm cho lớp làm đầy bảo vệ cho kết cấu dây căng nhóm C, vỏ bọc HDPE và ống bên ngoài được cho trong bảng NA.1 và bảng NA.2.

BẢNG NA.1 Lớp làm đầy bảo vệ cho kết cấu thanh căng nhóm C

Đặc trưng quy định	Giá trị quy định	Phương pháp thí nghiệm
Đổ mặt	> 77 °C	ISO 2207
Thấm tại -20 °C	Không nứt	ASTM 937
Thấm tại 25 °C	< 80/10 mm	ASTM D217
Độ nhớt tại 100 °C	< 80/10 mm	ASTM D445-06
Sự chảy tại 40 °C	tại 7 ngày <0,5%	BS 2000-121 điều chỉnh bằng cách tiến hành thử nghiệm trong 7 ngày mà không có trọng lượng 100g.
Khả năng chống oxy hóa, 100 h tại 100 °C	<0,03 MPa	ASTM D942
Ăn mòn dải đồng, 100 h tại	Lớp 1a	

Đặc trưng quy định	Giá trị quy định	Phương pháp thí nghiệm
100 °C	(không ăn mòn)	BS EN ISO 2160:1998
Chống rỉ		
Sương muối: 5% NaCl, 168 h tại 35 °C ± 1 °C	đạt	BS EN ISO 9227
Sương mù: nước cất, 168 h tại 35 °C ± 1 °C	ko ăn mòn	BS EN ISO 9227

Vỏ bọc HDPE

Mỗi vỏ bọc HDPE cần được tạo thành từ polyetylen mật độ cao. Các tính chất vật lý và cơ học tối thiểu cần được đưa ra trong Bảng NA.2.

Ống neo bên ngoài

Ống neo HDPE cần bao gồm các ống polyetylen mật độ cao ép đùn hai phía, với các tính chất vật lý và cơ học tối thiểu như được đưa ra trong Bảng 2 và ASTM D3350. Ống HDPE cần được cung cấp với một bề mặt đường viền hoặc một đai xoắn ốc để giảm dao động gió và gió/mưa.

Độ dày ống tối thiểu như sau:

Độ dày ống ít nhất là $\Phi_{ext}/12$ hoặc 5 mm, tùy theo độ dày nào lớn hơn.

Khi ống được hàn tấm nóng với nhau:

Độ dày ống ít nhất là $\Phi_{ext}/50$ hoặc 4 mm, tùy theo độ dày nào lớn hơn.

BẢNG NA.2 Tính chất của vỏ bọc HDPE và ống

Đầu	Đầu	Đầu
Đặc trưng quy định	Giá trị quy định	Phương pháp thí nghiệm
Mật độ tại 23 °C	>950 kg/m ³	BS EN ISO 1183-2
Chỉ số dòng chảy của 5 kg tại 190 °C	<0,15 g trên 10 phút	BS EN ISO 1133
Mô đun uốn	>800 MPa trung bình	BS ISO 178
Điểm chảy tại ứng suất kéo tại 23 °C	19 MPa	BS EN ISO 527-3
Ổn định bức xạ tia cực tím	Điều kiện E	ASTM D3350
Hàm lượng carbon-đen (chỉ lớp bên trong trong trường hợp ống đồng ép đùn)	2,3% ± 0,3% trọng lượng	ISO 6964
Chỉ số phân tán carbon-đen	<3	ISO 4437
Cấp phân bố carbon-đen	<C2	ISO 4437

Đầu	Đầu	Đầu
Đặc trưng quy định	Giá trị quy định	Phương pháp thí nghiệm
Hàm lượng chống oxy hóa trong thành phần cuối cùng của HDPE	>1000 ppm	
Ổn định nhiệt	>220 °C cho 20 phút	ASTM D3350
Thời gian cảm ứng oxy hóa tại 200 °C	>20 phút	BS EN 10837 or ASTM D3350
Độ giãn dài khi đứt	500% – vỏ bọc HDPE	BS EN ISO 527-3
	350% – ống neo	
Cường độ va chạm Izod tại 23 °C	>20 kJ/m ²	BS EN ISO 180
Độ bền nứt ứng suất tại ứng suất F 50	>1000 giờ	ASTM 1693, điều kiện B
Độ cứng D	>55 điểm	BS EN ISO 868

NA.2.15 Phụ lục B – Vận chuyển, lưu trữ, xử lý

(6) Chú thích

Có thể yêu cầu giám sát để xác nhận rằng các giả định thiết kế, chẳng hạn như lực cuối cùng trong các cấu kiện chịu kéo và rung động của các kiện chịu kéo do gió, mưa và giao thông, đã được đáp ứng trong kết cấu hoàn thiện. Chỉ dẫn kỹ thuật của dự án phải chỉ định chế độ giám sát cần thiết và thời gian của nó.

Việc giám sát thích hợp bao gồm:

- Thiết bị theo dõi gió (máy đo áp kế và hướng gió).
- Tải kế để ghi lại tải dây văng.
- Gia tốc kế hai phương trên chiều dài tự do của cáp để đánh giá độ rung.
- Giám sát âm thanh.

Chi tiết về quy trình bảo trì cần được cung cấp bao gồm ít nhất:

- Quy trình cho các hoạt động bảo trì nhỏ và lớn dự kiến trong suốt vòng đời thiết kế của các kết cấu dây căng;
- Quy trình thay thế cho một kết cấu dây căng phù hợp với các giả thiết thiết kế được thực hiện trong chỉ dẫn kỹ thuật dự án.

NA.3 Quyết định về tình trạng phụ lục tham khảo

Phụ lục tham khảo A, B, C cần được sử dụng.

NA.4 Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn

SETRA, Cable Stays - Khuyến nghị liên bộ ủy nhiệm dự ứng lực của Pháp (2002), Pháp [1].