

**BỘ XÂY DỰNG**

**HƯỚNG DẪN**  
**TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ KẾT CẤU THÁP VÀ TRỤ**  
**THÉP THEO TIÊU CHUẨN MỸ TIA-222-G**

*(Ban hành kèm theo Quyết định số 862/QĐ-BXD ngày 05 tháng 10 năm 2022  
của Bộ trưởng Bộ Xây dựng)*

Năm 2022



## MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU .....	11
1. Phạm vi áp dụng .....	15
2. Tài liệu viện dẫn .....	15
3. Thuật ngữ và định nghĩa.....	15
4. Ký hiệu .....	29
5. Nguyên tắc chung .....	39
5.1 Trạng thái giới hạn về độ bền .....	39
5.2 Trạng thái giới hạn sử dụng .....	39
5.3 Phân tích.....	39
6. Tải trọng .....	39
6.1 Phạm vi .....	39
6.2 Phân cấp kết cấu.....	39
6.3 Tổ hợp tải trọng ứng với trạng thái giới hạn về độ bền .....	39
6.4 Hiệu ứng nhiệt.....	40
6.5 Tĩnh tải .....	41
6.6 Tải trọng gió.....	41
6.6.1 Tổng quát .....	41
6.6.2 Dạng địa hình .....	41
6.6.3 Ảnh hưởng của địa mạo .....	42
6.6.4 Hệ số gió giật $G_h$ .....	44
6.6.5 Tải trọng gió tính toán.....	45
6.7 Tải trọng động đất.....	55
6.7.1 Quy định chung .....	55
6.7.2 Phương pháp phân tích động đất.....	56
6.7.3 Phổ phản ứng gia tốc thiết kế.....	56
6.7.4 Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương (Phương pháp 1).....	57

6.7.5 Phương pháp phân tích dạng dao động tương đương (Phương pháp 2) .....	58
6.7.6 Phương pháp phân tích dạng dao động (Phương pháp 3).....	59
6.7.7 Phân tích theo lịch sử thời gian (Phương pháp 4).....	61
6.7.8 Chu kỳ dao động riêng của kết cấu .....	62
6.7.9 Kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc kết cấu khác.....	64
6.8 Các yêu cầu về sử dụng .....	65
6.8.1 Biến dạng ở trạng thái giới hạn.....	65
6.8.2 Tải trọng sử dụng .....	65
7. Phân tích .....	83
7.1 Phạm vi .....	83
7.2 Mô hình phân tích .....	83
7.2.1 Tác dụng của gió lên kết cấu hệ thanh.....	84
7.3 Ảnh hưởng của chuyển vị .....	84
7.4 Sơ đồ tải trọng gió.....	84
7.4.1 Tháp rồng tự đứng.....	84
7.4.2 Cột dây co .....	85
7.5 Ứng xử cắt và xoắn trong cột dây co .....	86
8. Khả năng chịu lực tính toán của kết cấu thép .....	89
8.1 Phạm vi .....	89
8.2 Tổng quát .....	89
8.2.1 Khả năng chịu lực nhỏ nhất của giằng.....	89
8.2.2 Độ mảnh.....	90
8.2.3 Cường độ chảy và cường độ chịu kéo cực hạn .....	90
8.2.4 Độ lệch tâm vuông góc khung .....	90
8.3 Cấu kiện chịu nén.....	91
8.3.1 Cấu kiện thanh cánh.....	91
8.3.2 Cấu kiện thanh giằng.....	91
8.3.3 Cấu kiện tổ hợp .....	92

8.3.4 Khả năng chịu lực nén tính toán .....	94
8.4 Cấu kiện chịu kéo.....	96
8.4.1 Cấu kiện tổ hợp .....	96
8.4.2 Cấu kiện giằng chỉ chịu kéo .....	96
8.4.3 Khả năng chịu lực kéo tính toán .....	96
8.5 Cấu kiện chịu uốn .....	98
8.5.1 Cấu kiện tròn đặc .....	98
8.5.2 Cấu kiện ống tròn .....	98
8.5.3 Cấu kiện ống đa giác .....	99
8.5.4 Cấu kiện thép góc đơn đều cạnh .....	99
8.5.5 Các cấu kiện khác.....	101
8.6 Chịu lực tổng hợp giữa uốn và tải dọc trục.....	101
8.6.1 Kết cấu không gian rỗng .....	101
8.6.2 Kết cấu trụ ống .....	103
8.7 Liên kết .....	104
8.7.1 Bu lông .....	104
8.7.2 Đệm ốc .....	104
8.7.3 Bu lông ứng lực trước .....	104
8.7.4 Khoảng cách các cạnh.....	105
8.7.5 Liên kết ép mặt.....	105
8.7.6 Khả năng chịu lực của liên kết.....	105
8.7.7 Mối nối .....	108
8.7.8 Bản mã nối lắp dựng dây co.....	108
8.7.9 Bu lông neo .....	109
8.7.10 Liên kết hàn.....	110
9. Sản xuất .....	123
9.1 Phạm vi .....	123
9.2 Vật liệu, kết cấu thép .....	123

9.2.1 Quy định chung.....	123
9.2.2 Thép chưa được chứng nhận.....	123
9.2.3 Báo cáo thí nghiệm.....	124
9.2.4 Sai số .....	124
9.3 Chế tạo .....	124
9.4 Kiểm soát ăn mòn .....	124
9.4.1 Tổng quát .....	124
9.4.2 Kết cấu thép.....	124
9.4.3 Khóa chốt và phụ kiện .....	125
9.4.4 Sửa chữa.....	125
9.4.5 Sợi dây co.....	125
9.4.6 Neo dây co.....	126
10. Các vật liệu kết cấu khác.....	126
10.1 Phạm vi .....	126
10.2 Quy định chung.....	126
10.3 Tải trọng.....	127
10.4 Phân tích.....	127
10.5 Khả năng chịu lực tính toán.....	127
11. Các bộ phận dây co .....	127
11.1 Phạm vi .....	127
11.2 Cáp .....	127
11.2.1 Tào cáp dây co .....	127
11.2.2 Tào cáp kết cấu.....	127
11.2.3 Dây cáp sợi.....	127
11.3 Các phụ kiện gá.....	127
11.3.1 Móc khuyên đầu cáp .....	127
11.3.2 Bộ phận cầm nắm dây co tạo sẵn và đầu - chết sợi tạo sẵn .....	128
11.3.3 Kẹp .....	128

11.3.4 Ổ .....	128
11.3.5 Khóa .....	128
11.3.6 Thiết bị điều chỉnh lực .....	129
11.4 Bộ giảm chấn dây co .....	129
11.5 Thiết kế .....	129
11.5.1 Lực căng ban đầu .....	129
11.5.2 Khả năng chịu lực tính toán .....	130
11.5.3 Mô đun đàn hồi .....	130
11.5.4 Nối khớp.....	130
11.6 Sản xuất.....	130
11.6.1 Tải trọng chứng thực của các bộ phận .....	130
11.6.2 Ứng suất trước.....	130
11.6.3 Đo đặc chiều dài.....	131
11.6.4 Đánh dấu .....	131
11.6.5 Lắp đặt.....	131
12. Các bộ phận cách điện.....	131
12.1 Phạm vi .....	131
12.2 Thiết kế .....	131
12.3 Sản xuất.....	132
13. Móng và neo.....	132
13.1 Phạm vi .....	132
13.2 Khảo sát địa chất.....	132
13.3 Khả năng chịu lực tính toán .....	132
13.3.1 Khả năng chịu lực tính toán của đất hoặc đá .....	132
13.3.2 Khả năng chịu lực tính toán của kết cấu ngầm .....	133
13.4 Chuyển vị.....	133
13.5 Tải trọng động đất.....	133
13.6 Điều kiện ngập nước .....	133

14. Nối đất .....	134
14.1 Phạm vi .....	134
14.2 Tổng quát .....	134
14.3 Trờ kháng .....	134
14.4 Vật liệu nối đất.....	134
15. Đánh dấu chướng ngại vật.....	134
16. Thiết bị leo.....	134
16.1 Phạm vi .....	134
16.2 Quy định chung.....	135
16.3 Yêu cầu về điều kiện bền .....	135
16.4 Yêu cầu về kích thước .....	136
16.5 Điểm neo an toàn .....	137
16.6 Sàn công tác .....	137
17. Hồ sơ thiết kế, sai số lắp đặt và đánh dấu .....	138
17.1 Phạm vi .....	138
17.2 Hồ sơ thiết kế .....	138
17.3 Sai số.....	139
17.3.1 Chiều cao tổng thể.....	139
17.3.1 Lực căng trong dây .....	139
17.3.2 Độ thẳng đứng.....	139
17.3.3 Độ vặn xoắn .....	139
17.3.4 Đầu nối di động.....	140
17.3.5 Độ thẳng.....	140
17.3.6 Đo đặc .....	140
17.3.7 Thiết bị cuộn .....	140
17.4 Đánh dấu .....	140
18. Lắp đặt và bảo trì.....	140
Phụ lục A .....	141



Phụ lục B .....	144
Phụ lục C .....	151
Phụ lục D .....	152



## LỜI NÓI ĐẦU

Hướng dẫn này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học do Viện Khoa học công nghệ xây dựng chủ trì thực hiện, dùng để tính toán, thiết kế kết cấu các công trình tháp thép viễn thông, bao gồm cột tự đứng và cột dây co. Hướng dẫn này được biên soạn trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn ANSI/TIA-222-G-2005 Structural Standard for Antenna Supporting Structures and antennas.



## **Giới thiệu chung**

Cùng với sự phát triển về kinh tế - xã hội thì các công trình xây dựng đã và đang được đầu tư xây dựng ngày càng nhiều, với quy mô ngày càng lớn. Trong đó, ngành thông tin, truyền thông cũng có sự phát triển mạnh mẽ, hàng loạt công trình dạng kết cấu tháp, trụ có kết cấu hệ thanh không gian đã được xây dựng trên khắp đất nước nhằm phục vụ cho việc thu, phát sóng viễn thông, truyền thanh và truyền hình. Các tháp viễn thông, đặc biệt là các tháp cao từ 100 m trở lên là cơ sở hạ tầng thông tin liên lạc quan trọng của đất nước.

Phần lớn các tháp truyền thông ở nước ta đã được xây dựng từ những năm 2000 trở về trước, cho đến nay nhiều công trình đã bị hư hỏng, xuống cấp và hầu hết không còn lưu trữ được đầy đủ các hồ sơ, tài liệu có liên quan.

Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng từ hiện tượng biến đổi khí hậu toàn cầu, các cơn bão và thậm chí là siêu bão xuất hiện với tần suất ngày càng nhiều và cường độ ngày càng lớn, đã có các tác động lớn tới các công trình xây dựng tại Việt Nam cũng như một số nước trong khu vực. Trong đó, những công trình có kết cấu dạng tháp (tháp tự đứng hoặc trụ có dây neo) là những công trình đặc biệt nhạy cảm với tác động của gió, bão. Nhiều sự cố công trình tháp thu phát sóng viễn thông, truyền thanh, truyền hình trên liên quan đến tác động của gió, bão như: tháp Truyền hình Nam Định năm 2012, tháp phát sóng PTTH của Đài tiếng nói Việt Nam tại Quảng Bình năm 2013, Tháp ăng ten phát thanh của Trạm phát sóng Nguyên Bình - Cao Bằng năm 2014, v.v...

Tuy nhiên, tiêu chuẩn riêng để thiết kế, chế tạo và lắp dựng cũng như bảo trì các loại kết cấu dạng này chưa có. Hiện chỉ có tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 “Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế” có đề cập một phần đến kết cấu tháp thép nhưng vẫn chưa đầy đủ. Để đáp ứng nhu cầu thực tế, hướng dẫn này với các yêu cầu về thiết kế kết cấu, chế tạo mới các tháp viễn thông cũng như cải tạo/gia cường các tháp hiện có có gắn ăng ten hoặc kết cấu đỡ ăng ten v.v. rất cần thiết.



## 1. Phạm vi áp dụng

Hướng dẫn này dùng để thiết kế kết cấu các công trình tháp thép viễn thông, bao gồm cột tự đứng và cột dây co.

## 2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng hướng dẫn 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).

QCVN 02:2022/BXD, *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia. Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.*

TCVN 2737, *Tải trọng và tác động.*

TCVN 5574:2018, *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.*

TCVN 5575, *Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế.*

TCVN 9386, *Thiết kế công trình chịu động đất.*

Thông tư 03/2016/TT-BXD quy định về phân cấp công trình xây dựng và hướng dẫn áp dụng trong quản lý hoạt động đầu tư xây dựng do Bộ trưởng Bộ Xây dựng ban hành.

## 3. Thuật ngữ và định nghĩa

### 3.1

**Ăng ten** (Structural antenna)

Cấu trúc dùng để bức xạ hoặc thu nhận sóng điện từ, bao gồm cả bộ phản xạ, chỉnh hướng và màn hình.

### 3.2

**Kết cấu đỡ ăng ten** (Antenna supporting structure)

Kết cấu bao gồm cả phụ kiện dây co, đầu neo của dây co và các kết cấu phụ để đỡ ăng ten hoặc hệ ăng ten.

### 3.3

**Hệ số độ bền** (Resistance factor),  $\phi$

Hệ số xét đến sự giảm cường độ của độ bền tiêu chuẩn  $R_n$  với mục đích làm tăng sự an toàn của kết cấu/cấu kiện, có kể đến hậu quả và dạng phá hoại cũng như các sai lệch trong lắp dựng, chế

tạo. Hệ số độ bền dùng để xác định độ bền tính toán.

### 3.4

**Độ bền tiêu chuẩn** (Nominal strength),  $R_n$

Khả năng kháng lại tiêu chuẩn của kết cấu /cấu kiện đối với tải trọng và tổ hợp tải trọng.

### 3.5

**Độ bền tính toán** (Design strength),  $\phi R_n$

Khả năng kháng lại của kết cấu /cấu kiện đối với tải trọng và tổ hợp tải trọng có kể đến sự giảm cường độ thông qua hệ số độ bền, là tích của độ bền tiêu chuẩn  $R_n$  và hệ số độ bền  $\phi$ .

### 3.6

**Hệ số tải trọng** (Load factor),  $\alpha_i$

Hệ số xét đến sự vượt tải (hay độ tin cậy), do: (1) Sự sai lệch của tải trọng thực tế với tải trọng tiêu chuẩn, (2) sự bất định của phương pháp phân tích để xác định hệ quả của tải trọng và (3) xác suất có nhiều hơn một tải trọng cực hạn xuất hiện đồng thời.

Hệ số này kể đến khả năng sai lệch bất lợi có thể xảy ra của tải trọng so với giá trị tiêu chuẩn, được xác định phụ thuộc vào tổ hợp tải trọng và trạng thái giới hạn được tính đến.

### 3.7

**Tải trọng tiêu chuẩn** (Nominal loads)

Độ lớn của tải trọng (tĩnh tải, tải trọng gió, tải trọng động đất, tải trọng người và thiết bị làm việc trên kết cấu khi sửa chữa, bảo trì và thi công) được quy định trong hướng dẫn này.

### 3.8

**Tải trọng tính toán** (Factored load)

Tích của tải trọng tiêu chuẩn và hệ số tải trọng.

### 3.9

**Trạng thái giới hạn** (Limit state)

Trạng thái mà khi bị vượt quá thì kết cấu/cấu kiện sẽ không an toàn hoặc không đáp ứng được yêu cầu khai thác sử dụng.

### 3.10



### **Hệ quả của tải trọng** (Load effects)

Lực, biến dạng và chuyển vị xuất hiện trong kết cấu/cấu kiện khi chịu tác dụng của các tải trọng tính toán.

#### **3.11**

### **Nội lực tính toán** (Design internal force), $\sum \alpha_i Q_i$

Nội lực tính toán do tải trọng tính toán và tổ hợp tải trọng tính toán gây ra. Nội lực tính toán không được vượt quá độ bền tính toán.

#### **3.12**

### **Thiết kế theo độ bền** (Strength design)

Phương pháp tính toán lựa chọn kết cấu/cấu kiện để nội lực do tải trọng tính toán gây ra trong kết cấu/cấu kiện (hệ quả tải trọng yêu cầu) không vượt quá độ bền tính toán của kết cấu/cấu kiện đó.

#### **3.13**

### **Thiết bị gắn thêm** (Appurtenances)

Các thiết bị gắn vào kết cấu như ăng ten, bộ gá ăng ten, đường dây truyền dẫn, đường ống, thiết bị chiếu sáng, thiết bị leo, sàn công tác, biển báo, thiết bị chống leo...

#### **3.14**

### **Tĩnh tải** (Dead load), $D$

Trọng lượng của kết cấu/cấu kiện và trọng lượng của các thiết bị gắn thêm vào kết cấu, không bao gồm các phụ kiện dây co; khi thiết kế móng thì phải bao gồm cả trọng lượng của đất và các kết cấu phần ngầm.

#### **3.15**

### **Tĩnh tải của phụ kiện dây co** (Guy assembly dead load), $D_g$

Trọng lượng của tất cả các bộ phận dây co, bao gồm dây, phụ kiện nối đầu dây và bộ phận cách điện.

#### **3.16**

### **Vận tốc gió cơ sở** (Basic wind speed), $V_b$

Vận tốc gió lấy trung bình trong 3 giây với chu kỳ lặp là 20 năm ở độ cao 10 m so với mặt đất tại

địa hình dạng B (theo TCVN 2737:1995).

### 3.17

**Vận tốc gió tiêu chuẩn** (Standard wind speed),  $V$

Vận tốc gió lấy trung bình trong 3 giây với chu kỳ lặp là 50 năm ở độ cao 10 m so với mặt đất tại địa hình dạng B (theo TCVN 2737:1995) với  $V = V_b * \sqrt{1,2}$ .

### 3.18

**Lực gió tính toán** (Design wind force),  $F_w$

Lực tĩnh tương đương được dùng để xác định tải trọng gió đã kể đến hệ số tải trọng.

### 3.19

**Thiết bị gắn thêm dạng rời** (Discrete appurtenance)

Thiết bị gắn thêm được mô phỏng là tải trọng tập trung.

### 3.20

**Diện tích hình chiếu hữu hiệu** (Effective projected area),  $EPA$

Tích của diện tích hình chiếu của vật thể với hệ số lực (còn gọi là hệ số lực kéo) sử dụng khi xác định tải trọng gió.

### 3.21

**Sườn dốc** (Escarpment)

Vách dựng đứng hay sườn dốc phân cách hai cao độ hoặc là khu vực dốc thoải.

### 3.22

**Chiều cao kết cấu** (Height of structure),  $h$

Chiều cao của kết cấu không bao gồm cột thu sét.

### 3.23

**Đồi** (Hill)

Một bề mặt nổi lên rõ rệt theo tất cả các hướng.

### 3.24

**Vùng hay chịu ảnh hưởng của bão mạnh** (Hurricane prone regions)

Khu vực hay chịu ảnh hưởng của bão mạnh (IIB, IIIB, IVB và VB theo TCVN 2737:1995) với vận tốc gió cơ sở lớn hơn 40 m/s (144 km/h).

### 3.25

**Hệ số tầm quan trọng** (Importance factor),  $I$

Hệ số xét đến mức độ ảnh hưởng đến đời con người, thiệt hại về tài sản và mức độ tin cậy của kết cấu.

### 3.26

**Thiết bị gắn thêm dạng tuyến tính** (Linear appurtenance)

Thiết bị gắn thêm được mô phỏng là tải trọng phân bố.

### 3.27

**Đỉnh núi** (Ridge)

Dải đất kéo dài nhô lên rõ rệt theo hai phương.

### 3.28

**Thiết bị gắn thêm đối xứng** (Symmetrical appurtenance)

Thiết bị gắn thêm mà diện tích hình chiếu hữu hiệu ( $EPA$ ) được xem là như nhau đối với tất cả các hướng gió.

### 3.29

**Áp lực gió** (Velocity pressure),  $q_z$

Áp lực tĩnh tương đương sử dụng khi xác định tải trọng gió.

### 3.30

**Động đất thiết kế** (Design earthquake)

Động đất ở mức tương ứng với chu kỳ lặp tham chiếu 500 năm.

### 3.31

**Loại đất nền** (Site class)

Một phân loại được gán cho địa điểm xây dựng dựa vào loại đất ở đó.

### 3.32

### **Tính không đều đặn của kết cấu (Structure irregularity)**

Kết cấu bao gồm sự không đều đặn về xoắn, độ cứng hoặc khối lượng như định nghĩa trong Bảng 9.

### **3.33**

#### **Chuyển vị (Displacement)**

Chuyển vị của một điểm theo phương ngang dưới tác động của tải trọng sử dụng, tính từ vị trí ban đầu khi kết cấu không chịu tải trọng gió.

### **3.34**

#### **Tải trọng sử dụng (Service loads)**

Là tải trọng tiêu chuẩn, không nhân với hệ số tải trọng, dùng để tính toán biến dạng và chuyển vị tại trạng thái giới hạn về sử dụng.

### **3.35**

#### **Góc lệch (Sway)**

Góc xoay của ăng ten trong mặt phẳng thẳng đứng trong hệ tọa độ địa phương của ăng ten dưới tác động của tải trọng sử dụng tính từ vị trí ban đầu khi kết cấu không chịu tải trọng gió.

### **3.36**

#### **Góc xoắn (Twist)**

Góc xoay của ăng ten trong mặt phẳng ngang theo hệ tọa độ địa phương của ăng ten dưới tác động của tải trọng sử dụng tính từ vị trí ban đầu khi kết cấu không chịu tải trọng gió.

### **3.37**

#### **Cột dây co (Guyed mast)**

Kết cấu tháp rỗng hoặc kết cấu ống được đỡ bởi dây co.

### **3.38**

#### **Nhịp cột (Mast span)**

Khoảng cách từ đáy đến cao độ dây đầu tiên, khoảng cách giữa hai cao độ dây kế tiếp, hoặc khoảng cách từ cao độ dây trên cùng đến đỉnh của kết cấu (nhịp công xôn).

### **3.39**

**Hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình** (Mean wind conversion factor),  $m$

Hệ số để xác định áp lực gió trung bình trong một giờ.

### 3.40

**Hệ số chiều dài hiệu dụng** (Effective length factor),  $K$

Hệ số dùng để điều chỉnh chiều dài không giằng,  $L$ , để xét tới sơ đồ kết cấu và điều kiện liên kết hai đầu.

### 3.41

**Hệ số độ mảnh hiệu dụng** (Effective slenderness ratio)

Hệ số độ mảnh được điều chỉnh để xét tới sơ đồ kết cấu và điều kiện liên kết hai đầu, sử dụng cho tính toán độ bền chịu nén thiết kế (khả năng chịu nén) của cấu kiện.

### 3.42

**Đường truyền lực** (Line of action)

Là đường song song với trục của cấu kiện và đi qua tâm nhóm bu lông liên kết cấu kiện đó với một cấu kiện khác.

### 3.43

**Mất ổn định trong mặt phẳng** (In-plane buckling)

Sự mất ổn định trong một mặt phẳng của kết cấu không gian rỗng.

### 3.44

**Mất ổn định ngoài mặt phẳng** (Out-of-plane buckling)

Sự mất ổn định vuông góc với một mặt phẳng của kết cấu không gian rỗng.

### 3.45

**Các điểm nút** (Panel points)

Đường tim định vị các thanh giằng liên kết với một thanh cánh.

### 3.46

**Bán kính quán tính** (Radius of gyration)

Căn bậc hai của mô men quán tính quanh trục mất ổn định đang xét chia cho diện tích tiết diện

ngang của cấu kiện.

### 3.47

**Hệ số độ mảnh** (Slenderness ratio)

Tỉ số giữa chiều dài không giằng,  $L$ , và bán kính quán tính tương ứng,  $r$ .

### 3.48

**Liên kết trượt** (Slip-critical connection)

Nút liên kết bu lông chịu cắt, sử dụng các lỗ bu lông vượt cỡ hoặc ô van theo hướng song song với đường truyền lực.

### 3.49

**Cấu kiện phụ** (Secondary members)

Các cấu kiện được dùng chủ yếu để giảm chiều dài của một cấu kiện.

### 3.50

**Chiều dài không giằng** (Unbraced length)

Chiều dài giữa các điểm nút tạo ra điểm giằng, và có thể chiều dài này là khác nhau ở mỗi mặt phẳng, tùy thuộc vào việc bố trí hệ giằng. Đối với cấu kiện thanh cánh,  $L$  không nhỏ hơn khoảng cách giữa các điểm nút. Với thanh giằng,  $L$  không nhỏ hơn chiều dài giữa các tim liên kết (bu lông hoặc hàn).

### 3.51

**Mất ổn định theo trục phụ (yếu)** (Weak axis buckling)

Hướng mất ổn định đối với trục quán tính phụ (yếu) của tiết diện cấu kiện.

### 3.52

**Thép kết cấu** (Structural steel)

Vật liệu thép sử dụng cho các cấu kiện và bộ phận không bao gồm dây co và phụ kiện.

### 3.53

**Cáp** (Cable)

Cấu kiện chịu kéo mềm gồm tao cáp hoặc dây cáp.

### 3.54

#### **Tao cáp (Strand)**

Một bó gồm nhiều sợi song song hoặc xoắn quanh trục, thường là một sợi dây.

### 3.55

#### **Dây cáp (Rope)**

Một bó gồm nhiều tao cáp xoắn quanh một trục hoặc một lõi, có thể là một tao cáp hoặc một sợi dây.

### 3.56

#### **Sợi (Wire)**

Một sợi thép đơn tiết diện tròn được kéo từ thép thanh.

### 3.57

#### **Các bộ phận dây co (Guy assemblies)**

Một cáp đỡ kết cấu gồm các phụ kiện được dùng như là một phụ kiện gắn vào các đầu và để điều chỉnh độ căng trong các bộ phận dây co, vật liệu phi kim loại và cách điện.

### 3.58

#### **Phụ kiện nối đầu dây (Fitting)**

Một phụ kiện sử dụng như một phụ kiện gá vào hoặc đỡ cáp hay thanh phần của nó.

### 3.59

#### **Giảm chấn (Damper)**

Thiết bị gắn vào cáp để điều chỉnh ứng xử kết cấu dưới tác dụng của tải trọng động.

### 3.60

#### **Kẹp (Clamp)**

Một phụ kiện nối đầu dây cáp dùng để truyền lực thông qua ma sát.

### 3.61

#### **Cường độ kéo đứt quy định bởi nhà sản xuất (Manufacturer's rated breaking strength)**

Cường độ kéo đứt cực hạn được bảo đảm đối với cáp, còn được hiểu là lực kéo đứt nhỏ nhất.

### **3.62**

#### **Căng trước trong dây co (Pre-stressing of guys)**

Loại bỏ sự kéo dẫn vốn có của cáp thông qua việc duy trì của tải trọng kéo.

### **3.63**

#### **Tải trọng chứng thực (Proof loading)**

Việc chứng thực đối với cường độ cơ học của các liên kết lắp ráp tại nhà máy.

### **3.64**

#### **Móng và neo (Foundation and anchorage)**

Kết cấu ngầm được thiết kế để truyền phản lực tới nền đất phía dưới hoặc kết cấu đỡ.

### **3.65**

#### **Đất (Soil)**

Trạng thái tự nhiên của các hạt khoáng, có hoặc không có hợp chất hữu cơ mà có thể được phân tách bởi các biện pháp cơ học như khuấy trộn trong nước.

### **3.66**

#### **Đá (Rock)**

Trạng thái tự nhiên của các hạt khoáng được liên kết bởi lực bám dính khỏe và thường xuyên.

### **3.67**

#### **Nối đất (Grounding)**

Biện pháp thiết lập sự truyền điện giữa kết cấu và đất, đủ để chịu sét, điện áp cao hoặc tĩnh điện.

### **3.68**

#### **Nối đất chính (Primary ground)**

Dẫn điện trở kháng thấp nối giữa kết cấu và đất hoặc vật thể thay cho đất. Nối đất chính gồm dây dẫn nối đất và điện cực nối đất hoặc cực dương.

### **3.69**

#### **Nối đất phụ (Secondary ground)**

Dẫn điện trở kháng thấp nối hoặc dán giữa các bộ phận phụ với kết cấu.



### 3.70

#### **Điện cực nối đất** (Grounding electrodes)

Bộ phận dẫn điện bằng kim loại đặt ngầm được lắp đặt cho mục đích nối đất, gồm có: thanh, bản cáo hoặc lưới nối đất chôn chìm bằng hợp kim thép chống gỉ, thép mạ kẽm, đồng hoặc đồng bọc thép.

### 3.71

#### **Cực dương nối đất** (Grounding anodes)

Bộ phận dẫn điện bằng kim loại đặt ngầm được lắp đặt cho mục đích nối đất trong đất có khả năng ăn mòn điện, gồm có: thanh hoặc bản chôn chìm bằng hợp kim thép nằm trong một *dãy điện thế*.

### 3.72

#### **Đất xa** (Remote earth)

Đất ở khu vực phía ngoài vùng ảnh hưởng của hệ thống nối đất, ít nhất là 8 lần khoảng cách xa nhất giữa các điện cực hoặc cực dương nối đất.

### 3.73

#### **Người leo tháp được đào tạo** (Authorized (Basic) climber)

Cá nhân có thể lực để leo mà có thể có hoặc không có kinh nghiệm về leo trèo nhưng đã được đào tạo các quy định bảo vệ để khỏi bị rơi, thiết bị sử dụng ở hiện trường bao gồm hướng dẫn để sử dụng đúng cách; có khả năng leo theo đường tiếp cận cố định được trang bị các thiết bị an toàn.

### 3.74

#### **Lồng thang** (Cage)

Rào (như lồng bảo vệ hoặc giỏ bảo vệ) bao quanh gắn trên ray bên của thang cố định hoặc gắn chặt vào kết cấu để bao lấy không gian của thang.

### 3.75

#### **Thang hàng** (Carrier)

Thiết bị an toàn thang bao gồm cáp mềm hoặc ray cứng.

### 3.76

#### **Điểm neo an toàn** (Climber attachment anchorage)

Điểm neo để gắn thiết bị bảo vệ dạng dây hoặc tương tự.

### **3.77**

#### **Thiết bị leo (Climbing facilities)**

Các phụ kiện lắp đặt trên kết cấu đỡ hoặc ăng ten, mà người leo có thể bước để trèo lên hoặc xuống, có thể kết hợp hoặc sử dụng:

Bước, bậc, gói bậc và/hoặc cấu kiện kết cấu tạo thành một phần của kết cấu; Bậc, gói bậc hoặc bu lông bậc được gắn vào kết cấu; hoặc điểm neo an toàn.

### **3.78**

#### **Người leo chuyên nghiệp (Competent (Skilled) climber)**

Cá nhân có thể lực để leo, có kinh nghiệm thực tế và được huấn luyện về các quy định bảo vệ để khỏi bị rơi, bao gồm thiết bị sử dụng ở hiện trường và là người có khả năng nhận biết các nguy hiểm hiện hữu và tiềm ẩn; là người có quyền thực hiện các khắc phục để loại bỏ các nguy hiểm đó; là người có thể trèo an toàn lên một kết cấu từ đường tiếp cận cố định.

### **3.79**

#### **Tay vịn hoặc lan can (Hand or guardrails)**

Rào ngăn theo phương ngang được lắp dọc theo cạnh hoặc biên của sàn công tác.

### **3.80**

#### **Thang (Ladder)**

Thiết bị bao gồm hoặc sử dụng bước, bậc, hoặc gói bậc.

### **3.81**

#### **Chiều tới (Landing)**

Khu vực như sàn nền, mái, hoặc sàn công tác mà thang cố định tiếp cận.

### **3.82**

#### **Chiều dài leo (Length of climb)**

Tổng khoảng cách theo phương đứng mà con người có thể leo giữa các điểm xa nhất của lối ra/vào của thang cố định. Khoảng cách tổng theo phương đứng được xác định bao gồm tất cả các khoảng giữa các bậc thang và tất cả các khoảng theo phương đứng khác giữa giữa các điểm xa nhất của

lối ra/vào.

### **3.83**

#### **Độ dốc (Pitch)**

Góc nhọn giữa phương ngang và thang, được xác định trên bề mặt đối diện của thang từ bề mặt leo.

### **3.84**

#### **Sàn công tác (Platform)**

Mặt phẳng sử dụng để làm việc hoặc để đứng.

### **3.85**

#### **Thang tay vịn (Rail ladder)**

Thang cố định có tay vịn bên.

### **3.86**

#### **Thiết bị leo an toàn (Safety climb device)**

Hệ thống hỗ trợ có thể sử dụng cáp hoặc ray cứng gắn lên kết cấu.

### **3.87**

#### **Dây đai an toàn (Safety harness)**

Bộ đai với thiết bị giới hạn rơi.

### **3.88**

#### **Ống lồng an toàn (Safety sleeve)**

Phần của thiết bị leo an toàn thang bao gồm bộ phận chuyển động với cơ cấu khóa để di chuyển trên giá đỡ và tạo liên kết giữa giá đỡ và dây đai an toàn.

### **3.89**

#### **Thang leo bên ngoài (Side-step ladder)**

Thang leo phía ngoài có lối đi bên cạnh để tới chiều nghi.

### **3.90**

#### **Bu lông bậc (Step bolt)**

Cấu kiện dạng tròn hoặc phẳng có một đầu gắn chặt lên kết cấu, đầu còn lại dùng để leo.

### **3.91**

#### **Thang leo (Through ladder)**

Thang tay vịn có bậc đi qua thang để tới chiếu nghỉ

### **3.92**

#### **Tấm đỡ (Toeboard)**

Tấm chắn được lắp dựng dọc theo các cạnh hở của bề mặt bệ hoặc chiếu nghỉ.

### **3.93**

#### **Hồ sơ thiết kế (Design documents)**

Hồ sơ đề xuất và các chi tiết liên quan cho các thay đổi của kết cấu hiện hữu bao gồm việc gia cường hoặc thay thế cấu kiện hiện hữu và/hoặc liên kết của chúng.

### **3.94**

#### **Kết cấu hiện hữu (Existing structure)**

Kết cấu đã được lắp dựng.

### **3.95**

#### **Bản vẽ chế tạo (Fabrication drawings)**

Bản vẽ cần thiết cho việc chế tạo cấu kiện cho các điều chỉnh đề xuất cho kết cấu hiện hữu bao gồm chiều dài cấu kiện, kích thước lỗ, khoảng cách biên, dung sai, chi tiết hàn và các chi tiết chế tạo liên quan.

### **3.96**

#### **Phân tích sơ bộ (Feasibility structural analysis)**

Đánh giá sơ bộ để xác định sự ổn định tổng thể và khả năng chịu lực của các cấu kiện kết cấu chính của kết cấu hiện hữu để đáp ứng các thay đổi đề xuất theo hướng dẫn này.

### **3.97**

## **Hồ sơ lắp dựng** (Installation documents)

Hồ sơ sử dụng cho các quá trình thực hiện cho các thay đổi đề xuất và/hoặc điều chỉnh của kết cấu hiện hữu bao gồm biện pháp lắp dựng, yêu cầu chống tạm và các yêu cầu xây dựng liên quan khác để đảm bảo sự an toàn và ổn định của kết cấu hiện hữu trong quá trình thi công.

### **3.98**

#### **Phân tích chi tiết** (Rigorous structural analysis)

Phân tích kết cấu một cách chi tiết để xác định sự ổn định tổng thể và khả năng chịu lực của cấu kiện kết cấu, móng và liên kết của kết cấu hiện hữu để đáp ứng thay đổi đề xuất theo hướng dẫn này.

### **3.99**

#### **Biện pháp lắp dựng** (Rigging)

Thiết bị và kỹ thuật sử dụng trong quá trình lắp đặt và điều chỉnh kết cấu và/hoặc thiết bị gắn thêm.

## **4. Ký hiệu**

### **Các ký hiệu được sử dụng trong điều 5**

$A_a$	diện tích hình chiếu của thiết bị gắn thêm
$A_f$	diện tích hình chiếu của cấu kiện dạng phẳng
$A_{fs}$	diện tích hình chiếu của cấu kiện phẳng đỡ khung gá
$A_g$	diện tích nguyên của một mặt tháp hoặc khung gá
$A_p$	diện tích hình chiếu của kết cấu ống
$A_r$	diện tích hình chiếu của cấu kiện kết cấu hình tròn
$A_{rs}$	diện tích của cấu kiện hình tròn đỡ khung gá
$C$	hệ số vận tốc của cấu kiện hình tròn, hình ống và hình đa giác
$C_a$	hệ số lực của thiết bị gắn thêm dạng tuyến tính hoặc dạng rời
$C_{as}$	hệ số lực của khung gá

$C_d$	hệ số lực kéo của dây co
$C_f$	hệ số lực của kết cấu
$D$	giá trị tiêu chuẩn tĩnh tải của kết cấu và thiết bị gắn thêm, không bao gồm các bộ phận dây co
$D_g$	giá trị tiêu chuẩn tĩnh tải do các các bộ phận dây co
$D_s$	đường kính của kết cấu ống, của cấu kiện kết cấu hình tròn hoặc của thiết bị gắn thêm hình tròn
$D_r$	hệ số hướng gió của cấu kiện dạng phẳng
$D_r$	hệ số hướng gió của cấu kiện kết cấu hình tròn
$D_s$	kích thước hình chiếu nhỏ nhất của cấu kiện
$E$	giá trị tiêu chuẩn của tải trọng động đất
$(EPA)_A$	diện tích hình chiếu hữu hiệu của thiết bị gắn thêm
$(EPA)_{FN}$	diện tích hình chiếu hữu hiệu của cấu kiện đỡ khung gá theo phương thẳng góc
$(EPA)_{FT}$	diện tích hình chiếu hữu hiệu của cấu kiện đỡ khung gá theo phương ngang
$(EPA)_{MN}$	diện tích hình chiếu hữu hiệu của khung gá theo phương thẳng góc
$(EPA)_{MT}$	diện tích hình chiếu hữu hiệu của khung gá theo phương ngang
$(EPA)_N$	diện tích hình chiếu hữu hiệu ứng với mặt đón gió chính diện của thiết bị gắn thêm
$(EPA)_S$	diện tích hình chiếu hữu hiệu của kết cấu
$(EPA)_T$	diện tích hình chiếu hữu hiệu ứng với mặt bên hướng gió của thiết bị gắn thêm
$F_A$	lực gió thiết kế tác dụng lên thiết bị gắn thêm
$F_G$	lực gió thiết kế tác dụng lên dây co
$F_{ST}$	lực gió thiết kế tác dụng lên kết cấu
$F_w$	tải trọng gió thiết kế
$G_h$	hệ số gió giật
$H$	chiều cao đỉnh so với địa hình xung quanh

$l$	hệ số tầm quan trọng
$K_a$	hệ số chấn của thiết bị gắn thêm
$K_d$	hệ số hướng gió
$K_e$	hằng số địa hình
$K_h$	hệ số giảm theo độ cao
$K_t$	hằng số địa mạo
$K_z$	hệ số áp lực
$K_{zmin}$	giá trị nhỏ nhất của $K_z$
$K_{zt}$	hệ số địa mạo
$L_g$	chiều dài dây co
$R_a$	tỷ số giữa diện tích hình chiếu của vật gắn vào cấu kiện và diện tích hình chiếu của cấu kiện
$R_r$	hệ số giảm đối với cấu kiện hình tròn ở mặt thấp
$R_{rf}$	hệ số giảm đối với cấu kiện hình tròn trong khung gá
$T_i$	giá trị tiêu chuẩn của tải trọng do nhiệt
$V$	vận tốc gió tiêu chuẩn
$W_0$	tải trọng gió
$d$	đường kính của dây co
$e$	cơ số của logarit tự nhiên
$f$	hệ số suy giảm theo độ cao
$h$	chiều cao kết cấu
$q_z$	áp lực gió
$z$	chiều cao phía trên mặt đất
$z_g$	chiều cao danh định của lớp biên khí quyển
$\alpha$	hệ số mũ của hàm số biểu thị vận tốc gió (lấy trung bình trong 3 giây) thay đổi theo chiều cao

$\varepsilon$	tỷ số choán của kết cấu khi không có thiết bị gắn thêm
$\theta$	góc tương đối giữa phương của thiết bị gắn thêm và hướng gió
$\theta_g$	góc giữa hướng gió và dây co
$\phi R_n$	độ bền thiết kế (bằng tích của độ bền danh định với hệ số độ bền)
$\sum \alpha_i Q_i$	độ bền yêu cầu (hệ quả của tải trọng gây ra bởi tải trọng có hệ số và tổ hợp tải trọng)

### Các ký hiệu được sử dụng trong điều 6

$A_{gi}$	diện tích của mỗi dây co đơn tại cao độ $i$
$A_s$	hệ số khuếch đại động đất
$C_g$	hệ số chuyển đổi tần số dao động riêng của cột dây co
$C_{zm}$	hệ số phân bố lực động đất của dạng dao động thứ $m$
$E$	mô-đun đàn hồi của vật liệu kết cấu
$F_a$	hệ số nền tại chu kỳ ngắn
$F_{sz}$	lực động đất theo phương ngang tại cao độ $z$
$F_v$	hệ số nền tại chu kỳ 1 s
$F_{zm}$	lực động đất tại cao độ $z$ ứng với dạng dao động thứ $m$
$G_{ri}$	khoảng cách trung bình từ tâm trụ đến dây co tại cao độ $i$
$H_{gi}$	chiều cao tính từ mặt nền đến cao độ dây
$I$	hệ số tầm quan trọng
$I_s$	mô men quán tính của một tiết diện kết cấu
$I_{avg}$	mô men quán tính trung bình của kết cấu
$I_{bot}$	mô men quán tính tại chân kết cấu
$I_{top}$	mô men quán tính tại đỉnh kết cấu
$K_g$	độ cứng tương đương của dây co



$K_m$	hệ số chuyển đổi tần số đơn giản hóa cho cột dây co
$K_s$	hệ số sử dụng để xác định tần số dao động cơ bản của kết cấu
$L$	chiều cao của kết cấu ống
$L_{gi}$	chiều dài trung bình của dây co tại cao độ $i$
$L_s$	chiều dài của một phân đoạn kết cấu
$M_s$	tổng khối lượng của một phân đoạn kết cấu
$N$	chỉ số xuyên tiêu chuẩn của đất
$N_i$	số lượng cáp tại cao độ $i$
$PI$	chỉ số dẻo của đất
$R$	hệ số ứng xử kết cấu khi chịu động đất
$S_1$	giá trị phổ phản ứng gia tốc cực đại tại chu kỳ 1,0 giây và giá trị phổ phản ứng gia tốc cực đại tại chu kỳ ngắn
$S_v$	cường độ cắt không thoát nước của đất
$T_m$	chu kỳ của dao động thứ $m$
$T_o$	chu kỳ dùng để xác định phổ phản ứng thiết kế
$T_s$	chu kỳ dùng để xác định phổ phản ứng thiết kế
$V_s$	tổng lực cắt đáy do động đất
$V_{sm}$	lực cắt đáy do động đất ứng với dạng dao động thứ $m$
$W$	trọng lượng của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm và một nửa dây co phía trên
$W_i$	trọng lượng dùng để xác định tần số dao động cơ bản của kết cấu
$W_L$	trọng lượng của kết cấu không bao gồm thiết bị gắn thêm
$W_m$	trọng lượng hữu hiệu của dạng dao động
$W_t$	tổng trọng lượng của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm và dây co
$W_u$	trọng lượng của thiết bị gắn thêm dạng rời tại 1/3 chiều cao phía trên của kết cấu

$W_2$	trọng lượng của kết cấu và thiết bị gắn thêm trong 5 % chiều cao tại đỉnh
$W_i$	tổng tải trọng bản thân gắn lên cao độ $i$
$a, b, c$	hệ số gia tốc
$f_1$	tần số dao động riêng cơ bản của kết cấu, đơn vị tính là Hertz
$f_m$	tần số dao động riêng của kết cấu ứng với dạng dao động đang xét
$g$	gia tốc trọng trường
$h$	chiều cao của kết cấu
$h_i$	chiều cao tính từ mặt nền đến cao độ $i$
$h_z$	chiều cao tính từ mặt nền đến cao độ $z$
$i$	ký hiệu gán cho một cao độ của kết cấu
$k_e$	chỉ số mũ của hàm số phân bố lực động đất
$m$	chỉ số, dùng chỉ đại lượng ứng với dạng dao động thứ $m$
$n$	con số chỉ mức cao độ cao nhất của kết cấu hoặc số lượng mức cao độ dây co
$w_a$	chiều rộng trung bình của mặt kết cấu
$w_0$	chiều rộng tại chân kết cấu
$w_z$	tổng tải trọng bản thân gán vào phía dưới mức cao độ đang xét
$z$	chỉ số gán cho mức cao độ đang xét
$\phi_{im}$	độ lớn chuyển vị tại cao độ thứ $i$ ứng với dạng dao động thứ $m$
$\phi_{zm}$	độ lớn chuyển vị tại cao độ thứ $z$ ứng với dạng dao động thứ $m$

### **Các ký hiệu được sử dụng trong điều 7**

$F_A$	lực gió thiết kế theo phương ngang lên thiết bị gắn thêm
$F_{ST}$	lực gió thiết kế theo phương ngang lên kết cấu
$P - \Delta$	ảnh hưởng của chuyển vị đối với nội lực của cấu kiện
$f_{wi}$	bề rộng của phân đoạn kết cấu

$h$	chiều cao của cột dây co
$h_i$	chiều cao của phân đoạn kết cấu
$m$	hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình
$q_z$	áp lực gió

### **Các ký hiệu được sử dụng trong điều 8**

$A$	là $A_n$ đối với cấu kiện bu lông, $A_g$ đối với cấu kiện hàn
$A_b$	diện tích tiết diện danh nghĩa của phần bu lông không ren
$A_{en}$	diện tích thực hiệu dụng
$A_g$	diện tích tiết diện nguyên của cấu kiện
$A_{gt}$	diện tích tiết diện nguyên chịu kéo
$A_{gv}$	diện tích tiết diện nguyên chịu cắt
$A_n$	diện tích tiết diện thực của cấu kiện
$A_{nt}$	diện tích tiết diện thực chịu kéo
$A_{nv}$	diện tích tiết diện thực chịu cắt
$A_{pb}$	diện tích chịu lực của bản mã nối
$A_{sf}$	diện tích chịu cắt hiệu dụng của bản mã nối
$B_1$	hệ số khuyếch đại mô men
$D$	đường kính ngoài của cấu kiện thép ống
$E$	mô đun đàn hồi của cấu kiện
$F_{cr}$	ứng suất cực hạn
$F_s$	lực nén dọc trục thiết kế của cấu kiện đỡ
$F_u$	cường độ tiêu chuẩn của thép theo sức bền kéo đứt
$F_{ub}$	cường độ chịu kéo nhỏ nhất của bu lông
$F_y$	cường độ tiêu chuẩn lấy theo giới hạn chảy của thép
$F'_y$	cường độ tính toán lấy theo giới hạn chảy của thép

$F'_{yf}$	cường độ tính toán khi chịu uốn
$F''_y$	cường độ tính toán dựa vào mất ổn định xoắn ngang
$I_w$	mô men quán tính đối với trục quán tính chính 1
$J$	mô men quán tính cực
$K$	hệ số chiều dài hiệu dụng
$L$	chiều dài không giằng theo phương ngang của cấu kiện
$L_B$	chiều dài không giằng ngang
$L_T$	chiều dài không giằng xoắn
$L_C$	khoảng cách thông thủy, theo hướng của lực, giữa mép lỗ và mép lỗ hoặc mép vật liệu liên kết
$M_n$	cường độ uốn danh nghĩa
$M_{nx}$	cường độ uốn danh nghĩa đối với trục x
$M_{ny}$	cường độ uốn danh nghĩa đối với trục y
$M_{nw}$	cường độ uốn danh nghĩa đối với trục quán tính chính 1
$M_{nz}$	cường độ uốn danh nghĩa đối với trục quán tính chính 2
$M_u$	mô men uốn do tải trọng tổ hợp về cường độ
$M_{uw}$	mô men uốn đối với trục quán tính chính 1 do tổ hợp tải trọng cực hạn
$M_{uz}$	mô men uốn đối với trục quán tính chính 2 do tổ hợp tải trọng cực hạn
$N_t$	tỉ số giữa chiều dài không giằng uốn và xoắn
$P_e$	tải trọng mất ổn định đàn hồi Euler
$P_l$	cường độ danh nghĩa của bản mã nối
$P_n$	cường độ dọc trục danh nghĩa
$P_r$	sức kháng yêu cầu tại điểm nút trong mặt phẳng kết cấu cột rỗng
$P_s$	sức kháng giằng nhỏ nhất theo phương vuông góc với cấu kiện đỡ
$P_u$	lực nén dọc trục do tổ hợp tải trọng cực hạn

$R_n$	cường độ ép mặt danh nghĩa tại lỗ bu lông hoặc vật liên kết
$R_{np}$	cường độ danh nghĩa của cấu kiện liên kết
$R_{nt}$	cường độ kéo danh nghĩa của bu lông hoặc thanh neo
$R_{nv}$	cường độ cắt danh nghĩa của bu lông hoặc thanh neo
$S$	mô đun kháng uốn đàn hồi nhỏ nhất
$S_w$	mô đun kháng uốn đàn hồi đối với trục quán tính chính 1
$S_z$	mô đun kháng uốn đàn hồi đối với trục quán tính chính 2
$T_n$	cường độ xoắn danh nghĩa
$T_u$	mô men xoắn do tổ hợp tải trọng cực hạn
$T_{ub}$	lực kéo bu lông do tổ hợp tải trọng cực hạn
$U$	hệ số giảm đối với diện tích thực hiệu dụng
$V_n$	cường độ cắt danh nghĩa
$V_{ub}$	lực cắt bu lông do tổ hợp tải trọng cực hạn
$V_u$	lực cắt ngang do tổ hợp tải trọng cực hạn
$W_n$	bề rộng thực của bộ phận
$Z$	mô đun kháng uốn dẻo
$a$	khoảng cách ngắn nhất từ mép lỗ đến mép của cấu kiện, đo song song với hướng lực tác dụng
$a_i$	khoảng cách giữa các liên kết
$b$	bề rộng của thanh cánh thép góc
$b_{eff}$	khoảng cách hiệu dụng giữa các cạnh của bản mã nối
$c$	khoảng cách từ trục trung hòa tới thớ xa nhất
$d$	đường kính danh nghĩa của bu lông hay chốt
$g$	khoảng cách (tim đến tim) giữa các hàng chốt hoặc bu lông
$h$	khoảng cách giữa tim các cấu kiện thành phần của kết cấu tổ hợp
$p$	bước ren

$r$	bán kính quán tính đối với trục mà cấu kiện bị mất ổn định
$r_i$	bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện cấu kiện thành phần trong kết cấu tổ hợp
$r_{ib}$	bán kính quán tính của tiết diện cấu kiện thành phần đối với trục của nó, mà song song với trục mất ổn định của kết cấu tổ hợp đang xét
$r_x$	bán kính quán tính đối với trục mất ổn định x
$r_y$	bán kính quán tính đối với trục mất ổn định y
$r_z$	bán kính quán tính đối với trục mất ổn định z
$s$	khoảng cách từ tim đến tim hai lỗ bu lông cạnh nhau
$t$	chiều dày của cấu kiện bộ phận liên kết quan trọng
$w$	bề rộng phần phẳng của một cấu kiện
$x$	độ lệch tâm của liên kết
$\alpha_i$	tỉ số chia tách
$\lambda_c$	tham số độ mảnh cột
$\eta$	hệ số ma sát
$\phi$	hệ số kháng đối với liên kết
$\phi_a$	hệ số kháng đối với chịu nén hoặc kéo dọc trục
$\phi_c$	hệ số kháng đối với chịu nén
$\phi_f$	hệ số kháng đối với chịu uốn
$\phi_n$	hệ số kháng đối với chảy dẻo khi chịu ứng suất pháp tuyến
$\phi_p$	hệ số kháng đối với cấu kiện liên kết
$\phi_t$	hệ số kháng đối với chịu kéo
$\phi_T$	hệ số kháng đối với chịu xoắn
$\phi_V$	hệ số kháng đối với chịu cắt

### **Các ký hiệu được sử dụng trong điều 9**

$C$	hệ số đối với CVN
-----	-------------------

<i>CVN</i>	giá trị khe-V Charpy
<i>F<sub>y</sub></i>	ứng suất chảy nhỏ nhất
<i>pH</i>	mức tập trung ion hydrogen của đất (chỉ số axit/kiềm)
<i>t</i>	chiều dày (đường kính) của vật liệu thép

## 5. Nguyên tắc chung

### 5.1 Trạng thái giới hạn về độ bền

Kết cấu được thiết kế theo hướng dẫn này phải có đủ độ bền và độ ổn định để độ bền tính toán  $\phi R_n$  (xem 8) lớn hơn hoặc bằng nội lực tính toán  $\Sigma \alpha_i Q_i$  (xem 6) và được thể hiện theo phương trình sau :

$$\phi R_n \geq \Sigma \alpha_i Q_i \quad (1)$$

### 5.2 Trạng thái giới hạn sử dụng

Hướng dẫn này dùng để thiết kế kết cấu có đủ độ cứng để chuyển vị và biến dạng theo yêu cầu của 6.8.1 không bị vượt quá khi chịu tải trọng được định nghĩa tại 6.8.2.

### 5.3 Phân tích

Tác động tải trọng lên các cấu kiện được phân tích bằng phương pháp có xét đến điều kiện cân bằng, ổn định tổng thể, sự tương thích về hình học và đặc trưng vật liệu theo 0.

## 6. Tải trọng

### 6.1 Phạm vi

Mục này quy định các yêu cầu về tải trọng nhỏ nhất cho kết cấu đỡ ăng ten và ăng ten.

### 6.2 Phân cấp kết cấu

Kết cấu được phân cấp theo Bảng 2 dùng cho mục đích xác định tải trọng gió và động đất.

### 6.3 Tổ hợp tải trọng ứng với trạng thái giới hạn về độ bền

Kết cấu và móng phải được thiết kế để độ bền thiết kế lớn hơn hoặc bằng hệ quả (nội lực, chuyển vị) của tải trọng tính toán theo các tổ hợp sau:

$$1,2D+1,0D_g+1,6W_0 \quad (2)$$

$$0,9D+1,0D_g+1,6W_0 \quad (3)$$

$$1,2D+1,0D_g+1,0D_i+1,0W_0+1,0T_i \quad (4)$$

$$1,2D+1,0D_g+1,0E \quad (5)$$

$$0,9D+1,0D_g+1,0E \quad (6)$$

trong đó:

$D$  – giá trị tiêu chuẩn tĩnh tải của kết cấu và thiết bị gắn thêm, không bao gồm các bộ phận dây co;

$D_g$  – giá trị tiêu chuẩn tĩnh tải của các bộ phận dây co;

$D_i$  – giá trị tiêu chuẩn của tải trọng băng;

$T_i$  – giá trị tiêu chuẩn của tải trọng do nhiệt độ;

$E$  – giá trị tiêu chuẩn của tải trọng động đất;

$W_0$  – giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió;

Trường hợp ngoại trừ:

Không cần xét đến hiệu ứng nhiệt đối với kết cấu tự đứng;

Không cần xét đến tải trọng động đất đối với kết cấu cấp IV;

Không áp dụng hệ số lực đối với lực căng ban đầu trong dây co;

Các tổ hợp tải trọng (2) và (5) chỉ áp dụng cho kết cấu tự đứng.

**CHÚ THÍCH:**

1. Tĩnh tải không có hệ số được sử dụng để xác định tải trọng động đất  $E$  trong tổ hợp tải trọng số (4) và (5).

2. Khi thiết kế móng, trọng lượng của đất và kết cấu phụ được xem là tĩnh tải trong mọi tổ hợp tải trọng.

#### **6.4 Hiệu ứng nhiệt**

Lực kéo thiết kế trong dây co được tính toán tại nhiệt độ 20 °C.



## 6.5 Tĩnh tải

Bao gồm các tải trọng được định nghĩa ở 3.14 và 3.15.

## 6.6 Tải trọng gió

### 6.6.1 Tổng quát

Ăng ten và kết cấu đỡ ăng ten có các hình dạng khác thường và các đặc tính ứng xử khi chịu tải trọng gió. Các quy định trong hướng dẫn này kể đến đến ảnh hưởng khuếch đại tải trọng do tác dụng của gió giật (hiện tượng cộng hưởng theo phương gió tác động) với kết cấu tự đứng và kết cấu dây co.

Vận tốc gió tiêu chuẩn  $V$ , tính bằng m/s và được xác định theo công thức sau:

$$V = \sqrt{\frac{1,2W_o}{0,0613}} \quad (7)$$

trong đó:

$W_o$  là giá trị áp lực gió lấy theo Bảng 4 của TCVN 2737:1995, tính bằng daN/m<sup>2</sup>;

1,2 là hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kỳ lặp 20 năm về 50 năm.

Hệ số hướng gió  $K_d$  bằng 0,95.

Hệ số tầm quan trọng  $I$  xác định theo

**Bảng 3** căn cứ theo cấp kết cấu trong Bảng 2.

Dạng địa hình và hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao  $K_z$  phụ thuộc vào địa điểm xây dựng, xác định theo 6.6.2.2.

Hệ số địa mạo  $K_{zt}$  được xác định theo 6.6.3.

Hệ số gió giật  $G_h$  xác định theo 6.6.4.

Lực gió tính toán được xác định theo 6.6.5.

## 6.6.2 Dạng địa hình

### 6.6.2.1 Tổng quát

Dạng địa hình phản ánh đầy đủ các đặc trưng bất thường của bề mặt tại địa điểm xây dựng. Sự thay đổi của độ nhám bề mặt do địa mạo tự nhiên, cây cối, công trình xây dựng phải được xem xét. Dạng địa hình phải được phân loại thành một trong các dạng sau:

Địa hình dạng A: địa hình trống trải, không có hoặc có rất ít vật cản cao không quá 1,5 m (bờ biển thoáng, mặt sông, hồ lớn, đồng muối, cánh đồng không có cây cao...).

Địa hình dạng B: địa hình tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10 m (vùng ngoại ô ít nhà, thị trấn, làng mạc, rừng thưa hoặc rừng non, vùng trồng cây thưa...).

Địa hình dạng C: địa hình bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10 m trở lên (trong thành phố, vùng rừng rậm...).

### 6.6.2.2 Hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao

Căn cứ vào dạng địa hình xác định theo 6.6.2.1, hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao ( $K_z$ ) được xác định theo Bảng 1.

**Bảng 1 – Hệ số  $K_z$  tính đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình**

Độ cao $z$ , m	Dạng địa hình		
	A	B	C
3	1,03	0,85	0,70
5	1,05	0,87	0,70
10	1,18	1,00	0,72
15	1,27	1,09	0,81
20	1,33	1,16	0,88
30	1,43	1,26	0,98
40	1,50	1,34	1,07
50	1,56	1,40	1,14
60	1,61	1,46	1,20
80	1,70	1,55	1,30
100	1,76	1,63	1,39

Độ cao z, m	Dạng địa hình		
	A	B	C
150	1,89	1,77	1,56
250	2,01	1,97	1,80
300	2,01	2,01	1,90
350	2,01	2,01	1,98
≥ 400	2,01	2,01	2,01

CHÚ THÍCH: Đối với độ cao trung gian, cho phép xác định giá trị  $K_z$  bằng cách nội suy tuyến tính các giá trị cho trong Bảng 1 hoặc được tính theo công thức sau:

- đối với địa hình dạng A  $K_z = 0,79z^{0,174}$  (2a)
- đối với địa hình dạng B  $K_z = 0,62z^{0,211}$  (2b)
- đối với địa hình dạng C  $K_z = 0,37z^{0,286}$  (2c)

$$K_{zmin} \leq K_z \leq 2,01 \quad (3)$$

trong đó:  
z là chiều cao phía trên mặt đất tại vị trí chân kết cấu;  
 $K_{zmin}$  được xác định theo Bảng 4.

### 6.6.3 Ảnh hưởng của địa mạo

#### 6.6.3.1 Sự tăng tốc của gió khi thổi qua đồi, đỉnh núi, sườn dốc

Hiệu ứng tăng tốc của gió khi thổi qua đồi, đỉnh núi, sườn dốc đứng tách biệt gây ra các thay đổi đột ngột so với địa mạo thông thường. Cần xét đến hiệu ứng này trong tải trọng gió tính toán theo các quy định sau:

Đồi, đỉnh núi hoặc sườn dốc đứng tách biệt và không bị ngăn cản bởi các địa mạo tương tự khác có chiều cao tương đương trong bán kính 3,22 km theo phương ngang tính từ đỉnh đồi, giồng hoặc đỉnh sườn dốc;

Đồi, đỉnh núi hoặc sườn dốc nhô cao gấp hai lần hoặc hơn so với chiều cao trung bình của địa hình xung quanh trong phạm vi bán kính 3,22 km;

Độ dốc (tỷ số giữa chiều đứng và ngang) của địa mạo không vượt quá 0,10;

Chiều cao của địa mạo lớn hơn hoặc bằng 4,57 m đối với địa hình dạng A và B và là 18 m đối với địa hình dạng C.

#### 6.6.3.2 Phân loại dạng địa mạo

Địa mạo được phân thành các loại sau:

Loại 1: không làm thay đổi đột ngột địa hình tổng thể, ví dụ địa hình phẳng hoặc hơi gò gề, thì không cần xét đến sự tăng tốc của gió;

Loại 2: kết cấu nằm tại hoặc ở gần đỉnh dốc. Cần xét đến sự tăng tốc của gió theo mọi hướng. Kết

cấu nằm ở cao độ trong khoảng nửa dưới chiều cao sườn dốc hoặc nằm cách đỉnh (đồi, núi) hơn 8 lần chiều cao của sườn dốc, được xem là thuộc Loại 1;

Loại 3: kết cấu nằm ở cao độ trong khoảng nửa trên của đồi. Cần xem xét hiệu ứng tăng tốc của gió cho tất cả các hướng. Kết cấu nằm ở cao độ trong khoảng nửa dưới chiều cao đồi được xem là thuộc Loại 1.

Loại 4: kết cấu nằm trong khoảng nửa trên của đỉnh núi. Cần xem xét hiệu ứng tăng tốc của gió cho tất cả các hướng. Kết cấu nằm ở cao độ trong khoảng nửa dưới chiều cao đỉnh núi được xem là thuộc Loại 1.

Loại 5: hiệu ứng tăng tốc của gió dựa vào khảo sát hiện trường để xác định.

### 6.6.3.3 Kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc kết cấu khác

Không xét đến sự tăng tốc của gió cho trường hợp tăng tải trọng gió khi kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc kết cấu khác. Chiều cao  $z$  được xác định là chiều cao tính từ nền của nhà hoặc kết cấu đỡ.

### 6.6.3.4 Hệ số địa mạo

Hiệu ứng tăng tốc của gió được xét đến trong tính toán tải trọng gió thiết kế thông qua hệ số  $K_{zt}$  :

$$K_{zt} = \left[ 1 + \frac{K_e K_t}{K_h} \right]^2 \quad (8)$$

trong đó:

$K_h$  là hệ số giảm theo độ cao, xác định theo công thức sau:

$$K_h = e^{\left( \frac{f \cdot z}{H} \right)} \quad (9)$$

$e$  là cơ số của logarit tự nhiên = 2,718;

$K_e$  là hằng số địa hình, xác định theo Bảng 4;

$K_t$  là hằng số địa mạo, xác định theo Bảng 5;

$f$  là hệ số suy giảm theo độ cao, xác định theo Bảng 5;

$z$  là chiều cao phía trên mặt đất tại vị trí nền của kết cấu;

$H$  là chiều cao đỉnh (đồi, sườn dốc, đỉnh núi) so với địa hình xung quanh;

$K_{zt} = 1$  đối với địa mạo loại 1. Đối với địa mạo loại 5,  $K_{zt}$  cần căn cứ vào các nghiên cứu

được công bố để xác định.

#### **6.6.4 Hệ số gió giật $G_h$**

##### **6.6.4.1 Kết cấu tháp rỗng tự đứng**

Đối với kết cấu tháp rỗng tự đứng, hệ số gió giật  $G_h$  lấy bằng 1,0 cho kết cấu có chiều cao  $h$  lớn hơn hoặc bằng 183 m. Đối với kết cấu có chiều cao nhỏ hơn hoặc bằng 137 m, hệ số gió giật lấy bằng 0,85. Đối với kết cấu có chiều cao từ 137 m đến 183 m thì hệ số gió giật xác định theo các công thức sau:

$$G_h = 0,85 + 0,15 \left( \frac{h}{45,7} - 3,0 \right) \quad (10)$$

$$0,85 \leq G_h \leq 1,0 \quad (11)$$

trong đó:

$h$  là chiều cao của kết cấu (m).

CHÚ THÍCH: Đối với kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc kết cấu khác, chiều cao của kết cấu  $h$  không bao gồm chiều cao của kết cấu đỡ.

##### **6.6.4.2 Cột dây co**

Hệ số gió giật của cột dây co lấy bằng 0,85.

##### **6.6.4.3 Kết cấu ống**

Hệ số gió giật của kết cấu ống lấy bằng 1,10.

##### **6.6.4.4 Kết cấu được đỡ bởi các kết cấu khác**

Đối với ống công xôn hoặc trụ đỡ rỗng, trụ hoặc kết cấu tương tự gắn trên cột dây co hoặc kết cấu tháp rỗng tự đứng, và đối với tất cả các kết cấu được đỡ bởi kết cấu mềm (tỷ số giữa chiều cao và chiều rộng lớn hơn 5), hệ số gió giật lấy bằng 1,35. Hệ số gió giật đối với kết cấu đỡ là cột dây co và kết cấu tháp rỗng tự đứng được xác định theo 6.6.4.1 hoặc 6.6.4.2.

#### **6.6.5 Tải trọng gió tính toán**

Tải trọng gió tính toán bao gồm tổng của lực gió theo phương ngang tác dụng lên kết cấu theo phương của hướng gió với lực gió tính toán tác dụng lên dây co và thiết bị gắn thêm. Tất cả các thiết bị gắn thêm, bao gồm ăng ten, bộ gá và đường dây được giả thiết là nguyên vẹn và gắn chặt với kết cấu.

Thiết kế theo độ bền cho hướng gió gây ra ứng xử lớn nhất. Đối với kết cấu rỗng, cần xét đến các hướng gió được nêu trong Bảng 6 cho mỗi mặt của kết cấu.

Lực gió tính toán theo phương ngang dùng để thiết kế bền cho thiết bị gắn thêm và cho các liên kết với kết cấu đỡ được xác định với hệ số gió giật lấy bằng 1,0 và hệ số hướng lấy bằng 0,95. Không xét đến ảnh hưởng che chắn của kết cấu ( $K_a = 1,0$ ; xem 6.6.5.2).

Lực gió tính toán theo phương ngang dùng để thiết kế ống công xôn hoặc trụ đỡ rỗng, trụ hoặc kết cấu tương tự gắn trên cột dây co hoặc kết cấu tháp rỗng tự đứng, hoặc công trình mềm được xác định hệ số gió giật bằng 1,35 (xem 6.6.4.4) và hệ số hướng gió lấy bằng 0,95 cho kết cấu dạng công xôn.

Lực gió tính toán,  $F_W$ , được xác định như sau:

$$F_W = F_{ST} + F_A + F_G \quad (12)$$

trong đó:

$F_{ST}$  là lực gió tính toán lên kết cấu, xem 6.6.5.1;

$F_A$  là lực gió tính toán lên thiết bị gắn thêm, xem 6.6.5.2;

$F_G$  là lực gió tính toán lên dây co, xem 6.6.5.3.

Lực gió tính toán,  $F_{ST} + F_A$ , không nhất thiết phải lớn hơn lực gió lên kết cấu với tỷ số choán bằng 1,0 (mặt kín) cộng với tải trọng gió lên thiết bị gắn thêm gắn bên ngoài, không thuộc diện tích hình chiếu vuông góc của kết cấu lên phương tác động của gió.

#### **6.6.5.1 Lực gió tính toán lên kết cấu**

Lực gió tính toán,  $F_{ST}$ , tác dụng lên mỗi phân đoạn kết cấu được xác định như sau:

$$F_{ST} = q_z G_h (EPA)_s \quad (13)$$

trong đó:

$F_{ST}$  là lực gió tính toán theo phương ngang tác dụng lên kết cấu;

$q_z$  là áp lực gió, xem 6.6.5.6;

$G_h$  là hệ số gió giật, xem 6.6.4;

$(EPA)_s$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu của bộ phận kết cấu, xem 6.6.5.1.1 hoặc 6.6.5.1.3.

##### **6.6.5.1.1 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của kết cấu không gian rỗng**

Diện tích hình chiếu hữu hiệu của bộ phận kết cấu trong một phân đoạn,  $(EPA)_s$ , được xác định theo công thức sau:

$$(EPA)_s = C_f [D_f \sum A_f + D_r \sum (A_r R_r)] \quad (14)$$

trong đó:

$C_f = 4,0\varepsilon^2 + 5,9\varepsilon + 4,0$  cho tiết diện ngang hình vuông;

$C_f = 3,4\varepsilon^2 - 4,7\varepsilon + 3,4$  cho tiết diện ngang hình tam giác;

$\varepsilon$  là tỷ số choán bằng  $(A_f + A_r)/A_g$ ;

$A_f$  là diện tích hình chiếu của cấu kiện thành phần dạng phẳng lên phương vuông góc hướng gió;

$A_r$  là diện tích hình chiếu của cấu kiện thành phần dạng tròn lên phương vuông góc hướng gió;

$A_g$  là diện tích bao của một mặt tháp được coi như thể là một mặt kín;

$D_f$  là hệ số hướng gió của bộ phận kết cấu dạng phẳng, xác định theo Bảng 6;

$D_r$  là hệ số hướng gió của bộ phận kết cấu dạng tròn, xác định theo Bảng 6;

$R_r$  là hệ số chiết giảm đối với cấu kiện hình tròn, lấy bằng:

$R_r = 0,57 - 0,14\varepsilon + 0,86\varepsilon^2 - 0,24\varepsilon^3 \leq 1,0$  khi  $C < 4,4$  (dòng thổi cận tới hạn);

$R_r = 0,36 - 0,26\varepsilon + 0,97\varepsilon^2 - 0,63\varepsilon^3 \leq 1,0$  khi  $C > 8,7$  (dòng thổi trên tới hạn);

trong đó:

$$C = [IK_z K_z]^{1/2} V \times D$$

$I$  là hệ số tầm quan trọng, xem

**Bảng 3;**

$K_z$  là hệ số áp lực, xem 6.6.2.2;

$K_{zt}$  là hệ số địa mạo, xem 6.6.3.4;

$V$  là vận tốc gió tiêu chuẩn cho trường hợp tải trọng xem xét, m/s;

$D$  là đường kính ngoài của cấu kiện kết cấu, m.

**CHÚ THÍCH:**

1. Diện tích hình chiếu của cấu kiện kết cấu bao gồm diện tích hình chiếu của bản mã liên kết trong mặt phẳng của phân đoạn;
2. Cấu kiện kết cấu được xem là cấu kiện hình tròn khi cấu kiện phải có dạng tròn ở mặt đón gió và hút gió. (Thép hình chữ U, hoặc chữ C được xem là cấu kiện dạng phẳng);
3. Khi  $4,4 \leq C \leq 8,7$  có thể sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính để xác định  $R_r$ ;
4. Khi các phụ kiện như bu lông bậc hoặc các vật đặc biệt như vậ được gắn lên cấu kiện kết cấu tròn, thì hệ số chiết giảm đối với cấu kiện tròn,  $R_r$ , được xác định như sau:

(a) Khi  $R_a < 1,0$  thì có thể bỏ qua diện tích hình chiếu của phụ kiện;

(b) Khi  $1,0 < R_a \leq 2,0$ , thì nhân hệ số  $R_r$ , với  $1,0 + 3(R_a - 0,1)$  và có thể bỏ qua diện tích hình chiếu của phụ kiện;

(c) Khi  $R_a > 2,0$ , hoặc với bất kỳ giá trị nào của  $R_a$ , thì sử dụng giá trị  $R_r$  của dòng thổi cận tới hạn. Diện tích hình chiếu của phụ kiện được xét thêm vào cấu kiện kết cấu thông qua hệ số lực thích hợp cho thiết bị gắn thêm;

Trong đó,  $R_a$  là tỷ số giữa diện tích hình chiếu của phụ kiện với diện tích hình chiếu của cấu kiện kết cấu không có phụ kiện cho phân đoạn xem xét.

5. Khi các phụ kiện như bu lông bậc hoặc các vật đặc biệt như vậ được gắn với cấu kiện kết cấu dạng phẳng, thì diện tích hình chiếu của phụ kiện được xét thêm thông qua hệ số lực thích hợp, trừ khi  $R_a < 0,1$  thì có thể bỏ qua diện tích hình chiếu của phụ kiện.

**6.6.5.1.2 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của chân tháp rộng**

Khi xác định diện tích hình chiếu hữu hiệu,  $(EPA)_s$ , của kết cấu có chân rộng thì phần chân rộng được xem là cấu kiện hình tròn tương đương.

Diện tích hình chiếu hữu hiệu của mỗi chân rộng được xác định theo 6.6.5.1.1 với giá trị  $R_r$  của dòng thổi cận tới hạn và giá trị của các hệ số hướng  $D_f$  và  $D_r$  lấy bằng 1,0. Đường kính của cấu kiện tròn tương đương được xác định bằng tỉ số giữa  $(EPA)_s$  của mỗi chân rộng với 1,2 lần chiều



dài chân. Diện tích nguyên,  $A_g$ , của kết cấu xác định dựa vào toàn bộ chiều rộng của kết cấu. Hệ số giảm,  $R_r$ , cho cấu kiện tròn tương đương được xác định dựa vào dòng thổi cận tới hạn.

#### 6.6.5.1.3 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của kết cấu ống

Diện tích hình chiếu hữu hiệu của tiết diện trụ,  $(EPA)_s$ , được xác định theo công thức sau:

$$(EPA)_s = C_F A_p \quad (15)$$

trong đó:

$C_F$  là hệ số lực của kết cấu ống, xem Bảng 7;

$A_p$  là diện tích thực của hình chiếu kết cấu ống dựa theo đường kính ngoài (với dạng tròn), đường kính đường tròn ngoại tiếp (với dạng đa giác), hoặc kích thước chiều rộng.

CHÚ THÍCH: Khi không có bố trí chi tiết và bán kính cong lắp đặt của đường dây dẫn, thì đường kính nhỏ nhất của kết cấu ống không được nhỏ hơn đường kính mà sử dụng 45 % tiết diện để bố trí đường dây dẫn.

#### 6.6.5.1.4 Tác động của gió lên kết cấu

Lực gió thiết kế cho một phân đoạn kết cấu có thể dựa vào áp lực tại vị trí giữa phân đoạn để xác định. Chiều dài của phân đoạn mà áp lực gió được xem là phân bố đều không được vượt quá các giá trị sau:

- a) 18 m đối với kết cấu không gian rỗng;
- b) 6 m đối với kết cấu ống.

#### 6.6.5.2 Lực gió tính toán lên thiết bị gắn thêm

Lực gió tính toán lên thiết bị gắn thêm (dạng rời hoặc dạng tuyến tính nhưng không bao gồm ăng ten viba),  $F_A$ , được xác định theo công thức sau:

$$F_A = q_z G_h (EPA)_A \quad (16)$$

trong đó:

$q_z$  là áp lực gió tại chiều cao tâm của thiết bị gắn thêm, xem 6.6.5.6;

$G_h$  là hệ số gió giật, xem 6.6.4;

CHÚ THÍCH: Giá trị  $G_h$  để thiết kế bền cho thiết bị gắn thêm, xem 6.6.5.

$(EPA)_A$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu của thiết bị gắn thêm.

Lực gió tính toán,  $F_A$ , được đặt vào tâm của diện tích hình chiếu của thiết bị gắn thêm theo hướng gió. Đối với thiết bị gắn thêm dạng tuyến tính, chiều dài mà áp lực gió được xem là phân bố đều không được vượt quá chiều dài phân đoạn quy định tại 6.6.5.1.4.

Khi thiếu các số liệu chính xác, lực gió tính toán lên ăng ten viba được xác định theo Phụ lục C.

Khi thiếu các số liệu chính xác để xác định diện tích hình chiếu hữu hiệu lên các phương tác động của tải trọng gió, diện tích hình chiếu hữu hiệu,  $(EPA)_A$ , của thiết bị gắn thêm có thể xác định theo công thức sau:

$$(EPA)_A = K_a [(EPA)_A \cos^2(\theta) + (EPA)_T \sin^2(\theta)] \quad (17)$$

trong đó:

$K_a = 1,0$  đối với thiết bị gắn thêm dạng tròn, không phụ thuộc vào vị trí, khi đã xét đến hệ số lực của dòng chuyển tiếp hoặc dòng thổi trên tới hạn.

$K_a = 1 - \varepsilon$  đối với thiết bị gắn thêm, có xét đến hệ số lực của dòng thổi cận tới hạn, hoàn toàn nằm trong tiết diện ngang của cột rỗng hoặc nằm ngoài tiết diện ngang của cột rỗng nhưng nằm trong “vùng mặt” như định nghĩa tại Hình 2, trong đó  $\varepsilon$  là tỷ số choán nhỏ nhất của kết cấu khi tất cả các mặt của kết cấu đều có thiết bị gắn thêm. Giá trị  $K_a$  không được vượt quá 0,6.

$K_a = 0,8$  cho các bộ phận gá ăng ten (khi chỉ xét đến hệ số lực của dòng thổi cận tới hạn) như cánh tay bên, cánh tay -T, gá phụ, v.v...

$K_a = 1,0$  cho các loại thiết bị gắn thêm khác trừ trường hợp đã chỉ định trong phần này.

#### CHÚ THÍCH:

1.  $K_a = 1,0$  là thiên về an toàn cho mọi loại thiết bị gắn thêm;
2. Giá trị  $K_a$  được xem là hằng số cho mọi hướng gió.

$\theta$  là góc tương đối giữa phương của thiết bị gắn thêm và hướng gió (xem Hình 3);

$(EPA)_N$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu khi mặt đón gió vuông góc với phương của thiết bị gắn thêm;

$(EPA)_T$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu khi mặt đón gió là mặt bên của thiết bị gắn thêm;

Thiên về an toàn, có thể sử dụng giá trị lớn giữa  $(EPA)_N$  và  $(EPA)_T$  cho mọi hướng gió.

Trong trường hợp thiếu số liệu chính xác, thiết bị gắn thêm có thể được xem là bao gồm thành phần dạng phẳng và thành phần dạng tròn như sau:

$$(EPA)_N = \sum (C_a A_A)_N \quad (18)$$

$$(EPA)_T = \sum (C_a A_A)_T \quad (19)$$

trong đó:

$C_a$  là hệ số lực, xem Bảng 8;

$A_A$  là diện tích hình chiếu của thiết bị gắn thêm.

Diện tích tấm phẳng tương đương xác định theo Phụ lục B của hướng dẫn này cần phải nhân với hệ số lực  $C_a = 2,0$ . Trường hợp thiết bị gắn thêm chỉ bao gồm cấu kiện dạng tròn, hệ số lực này có thể lấy bằng 1,8.

Tổng diện tích hữu hình chiếu hữu hiệu của thiết bị gắn thêm,  $(EPA)_A$ , được xác định theo Phụ lục B khi không có thông tin về ăng ten và phương pháp gá lắp.

#### 6.6.5.2.1 Ống gắn ăng ten

Diện tích hình chiếu của ống tại phía trên và phía dưới vị trí gắn ăng ten phải được kể đến trong  $\sum (C_a A_A)_N$ . Diện tích hình chiếu của toàn bộ ống gắn phải được kể đến trong  $\sum (C_a A_A)_T$ .

#### 6.6.5.2.2 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của khung gá

$$(EPA)_N = (EPA)_{MN} + (EPA)_{FN} \quad (20)$$

trong đó:

$(EPA)_{MN}$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu của khung =  $C_{as} (A_r + R_{rf} A_r)$

$$C_{as} = 1,58 + 1,05(0,6 - \varepsilon)^{1,8} \text{ khi } \varepsilon \leq 0,6$$

$$C_{as} = 1,58 + 2,63(\varepsilon - 0,6)^{2,0} \text{ khi } \varepsilon > 0,6$$

$A_r$  là diện tích hình chiếu của cấu kiện dạng phẳng của khung gá.

$$R_{rf} = 0,6 + 0,4\varepsilon^2$$

$\varepsilon$  là tỷ số choán của kết cấu khi không có ăng ten và trụ gá =  $(A_r + A_r) / A_g$ ;

$A_r$  là diện tích hình chiếu của cấu kiện kết cấu hình tròn của khung gá;

$A_g$  là diện tích bao của khung gá tính theo kích thước ngoài lớn nhất của các cấu kiện trong  $A_r$  và  $A_r$ .

**CHÚ THÍCH:** Đối với khung gá dạng giàn vuông hoặc tam giác (xem Hình 4), thì giá trị  $C_{as}$  lấy bằng  $C_f$ , xem 6.6.5.1.1.

$(EPA)_{FN}$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu của tất cả cấu kiện đỡ khung gá lên mặt phẳng song song với mặt của khung gá.

$$(EPA)_{FN} = 0,5 \left[ 2,0 \left( \sum A_{fs} \right) + 1,2 \left( \sum A_{rs} \right) \right] \quad (21)$$

$A_{fs}$  là diện tích hình chiếu của cấu kiện phẳng đỡ khung gá, không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng của cấu kiện;

$A_{rs}$  là diện tích của cấu kiện hình tròn đỡ khung gá, không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng của cấu kiện.

Diện tích hình chiếu hữu hiệu khi mặt đón gió là mặt bên của thiết bị gắn thêm,  $(EPA)_T$  được xác định theo công thức sau:

$$(EPA)_T = (EPA)_{FT} + 0,5 \sum (EPA)_{FTi} + 0,5 \sum (EPA)_{MT} \quad (22)$$

trong đó:

$(EPA)_{FT}$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu của khung/giàn đỡ khung gá lên mặt phẳng nằm ngang với mặt của khung gá (là khung/giàn lớn nhất khi có nhiều hơn một khung/giàn đỡ);

$(EPA)_{FTi}$  là diện tích hình chiếu của bất kỳ khung/giàn đỡ khung gá phụ thêm lên mặt phẳng nằm ngang với mặt của khung gá;

**CHÚ THÍCH:**

1. Diện tích hình chiếu hữu hiệu của các cấu kiện của khung/giàn đỡ được xác định theo công thức tính  $(EPA)_{MN}$ . Ngoài ra, hệ số lực kéo lấy bằng 2,0 cho cấu kiện dạng phẳng và bằng 1,2 cho cấu kiện dạng tròn mà không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng của cấu kiện.

2.  $(EPA)_{MT}$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu lên mặt phẳng ngang so với mặt của khung gá của tất cả các cấu kiện của khung gá và tất cả các cấu kiện đỡ khác (ví dụ thanh neo lưng) mà không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng của cấu kiện với hệ số lực kéo lấy bằng 2,0 cho cấu kiện dạng phẳng và bằng 1,2 cho cấu kiện dạng tròn.

3. Khi có từ ba khung gá trở lên trên cùng một cao độ, thì sử dụng hệ số chiết giảm bằng 0,75

cho các giá trị  $(EPA)_N$  và  $(EPA)_T$  để xét đến hiệu ứng che chắn của khung gá đối với kết cấu và các khung gá khác (xem Hình 5). Không xét đến hiệu ứng che chắn đối với kết cấu đỡ.

4. Ăng ten và trụ bắt được đỡ bởi khung gá được xem là thiết bị gắn thêm thông thường, với hệ số  $K_a$  lấy bằng 0,9, trong trường hợp có từ ba khung gá trở lên trên cùng một cao độ thì  $K_a$  lấy bằng 0,8.

#### **6.6.5.2.3 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của sàn công tác đối xứng dạng khung/giàn**

Diện tích hình chiếu hữu hiệu,  $(EPA)_A$ , của sàn công tác dạng khung/giàn hình tam giác hoặc hình vuông đặt đối xứng bao xung quanh kết cấu (hoặc có khe hở ngang giữa các góc nhỏ hơn 10 % chiều rộng của sàn công tác), được xác định theo tiết diện kết cấu rỗng tại 6.6.5.1 với hệ số  $D_f$  và  $D_r$  lấy bằng 1,0. Diện tích hình chiếu của tất cả các cấu kiện của toàn bộ sàn công tác được chiếu lên mặt phẳng song song với một mặt mà không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng của cấu kiện của sàn công tác hoặc của kết cấu đỡ.

Sử dụng hệ số lực kéo bằng 2,0 cho cấu kiện dạng phẳng và bằng 1,2 cho cấu kiện dạng tròn khi tính diện tích hình chiếu của cấu kiện đỡ. Năm mươi phần trăm (50 %) tổng diện tích hữu hiệu của cấu kiện đỡ được cộng thêm vào diện tích hình chiếu hữu hiệu của sàn công tác. Giá trị của tổng diện tích hình chiếu hữu hiệu này được áp dụng cho tất cả các hướng gió. Không xét đến hiệu ứng che chắn đối với kết cấu đỡ. Ăng ten và trụ bắt được đỡ bởi sàn công tác được xem là thiết bị gắn thêm thông thường, với hệ số  $K_a$  lấy bằng 0,75.

#### **6.6.5.2.4 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của sàn công tác có chiều cao nhỏ**

Diện tích hình chiếu hữu hiệu,  $(EPA)_A$ , của sàn công tác thấp, đối xứng (xem Hình 7) bao xung quanh kết cấu (hoặc có khe hở ngang giữa các góc nhỏ hơn 10 % chiều rộng của sàn công tác), được xác định tổng diện tích hình chiếu của tất cả các cấu kiện của sàn công tác lên mặt phẳng song song với một mặt của sàn công tác mà không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng của cấu kiện của sàn công tác hoặc của kết cấu đỡ. Sử dụng hệ số lực kéo bằng 2,0 cho cấu kiện dạng phẳng và bằng 1,2 cho cấu kiện dạng tròn khi tính diện tích hình chiếu của tất cả các cấu kiện. Tổng diện tích hình chiếu hữu hiệu cần nhân với hệ số bằng 0,75 khi sàn công tác là hình vuông và nhân với 0,67 khi sàn công tác là hình tròn. Giá trị của tổng diện tích hình chiếu hữu hiệu này được áp dụng cho tất cả các hướng gió. Không xét đến hiệu ứng che chắn đối với kết cấu đỡ. Ăng ten và trụ bắt được đỡ bởi công tác được xem là thiết bị gắn thêm thông thường, với hệ số  $K_a$  lấy bằng 0,8.

### 6.6.5.2.5 Diện tích hình chiếu hữu hiệu của sàn công tác hình tròn đối xứng

Diện tích hình chiếu hữu hiệu ( $EPA$ )<sub>A</sub> của sàn công tác hình tròn đối xứng (xem Hình 8) bao xung quanh kết cấu được xác định theo diện tích hình chiếu của các cấu kiện đỡ sàn công tác và các cấu kiện vòng. Diện tích hình chiếu của cấu kiện vòng bằng tích giữa đường kính vòng và kích thước hình chiếu theo phương đứng của cấu kiện vòng tiếp xúc với gió. Diện tích hình chiếu của tất cả các cấu kiện đỡ của toàn bộ sàn công tác được xác định bằng cách chiếu toàn bộ cấu kiện đỡ lên mặt phẳng vuông góc mà không xét đến sự che chắn hoặc phân trùng giữa các cấu kiện của sàn công tác hoặc của kết cấu đỡ. Sử dụng hệ số lực kéo bằng 2,0 cho cấu kiện dạng phẳng và bằng 1,2 cho cấu kiện dạng tròn khi tính diện tích hình chiếu của cấu kiện kết cấu đỡ và cấu kiện vòng. Tổng diện tích hình chiếu hữu hiệu cần nhân với hệ số bằng 0,50 đối với cấu kiện đỡ và nhân với 1,75 đối với cấu kiện vòng. Giá trị của tổng diện tích hình chiếu hữu hiệu này được áp dụng cho tất cả các hướng gió. Không xét đến hiệu ứng che chắn đối với kết cấu đỡ. Ăng ten và trụ bắt được đỡ bởi công tác được xem là thiết bị gắn thêm thông thường, với hệ số  $K_a$  lấy bằng 0,8.

**CHÚ THÍCH:** Đối với tất cả các dạng khung/sàn công tác đỡ,  $K_a$  lấy bằng 1,0 cho ăng ten, trụ gá ăng ten trong trường hợp dòng thổi cận tới hạn hoặc dòng thổi trên tới hạn. Tấm lưới thép hoặc các bề mặt làm việc theo phương ngang không bao gồm khi tính toán diện tích hình chiếu hữu hiệu.

### 6.6.5.3 Lực gió tính toán lên dây co

Lực gió tính toán lên dây co,  $F_G$ , được xác định theo công thức sau:

$$F_G = C_d d L_G q_z (\sin \theta_g)^2 \quad (23)$$

trong đó:

$F_G$  là lực gió tác dụng vuông góc với dây co thuộc mặt phẳng tạo bởi dây co và hướng gió, xem Hình 9;

$C_d = 1,2$ , là hệ số lực kéo của dây co;

$d$  là đường kính của dây co;

$L_G$  là chiều dài dây co;

$G_h$  là hệ số gió giật, xem 6.6.4;

$q_z$  là áp lực gió tại vị trí giữa của dây, xem 6.6.5.6;

$\theta_g$  là góc giữa hướng gió và dây co theo phương nằm ngang.

#### CHÚ THÍCH:

1. Có thể cần tăng giá trị hệ số lực kéo  $C_d$  hoặc tăng đường kính hữu hiệu của dây co khi các phụ kiện như tấm phá dòng gió, cục cách điện, các vật đánh dấu, v.v... được gắn vào dây.
2. Lực gió được xem là đều khi dựa vào áp lực tại vị trí giữa mỗi dây hoặc giữa mỗi đoạn dây. Chiều dài của dây hoặc của mỗi đoạn dây được giả thiết là có cùng chiều dài cung. Lực gió tính toán được xem là phân bố vuông góc với dây.
3. Đối với kết cấu đỡ bởi nền, thì chiều cao giữa được tham chiếu từ cao độ nền tại chân kết cấu. Đối với kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc các kết cấu khác, thì chiều cao giữa của dây được tính từ cao độ giữa dây đến cao độ nền của nhà hoặc kết cấu đỡ khác. Chiều cao  $z$  của mỗi đoạn dây không được nhỏ hơn 0.

#### 6.6.5.4 Sự che chắn

Ngoại trừ các nội dung được nêu ở đây, sự che chắn có thể được xét đến đối với các phần tử giao nhau hoặc song song với nhau. Phần tử không được che chắn được xem là phẳng trừ phi cả hai phần tử đều là tròn. Sự che chắn toàn phần có thể được xét đến khi khoảng cách thông thủy giữa các phần tử theo phương xem xét để xác định diện tích hình chiếu hữu hiệu (EPA) nhỏ hơn hoặc bằng hai lần kích thước hình chiếu nhỏ nhất của phần tử lên phương đang xét. Không xét đến sự che chắn khi tỷ số khoảng cách thông thủy lớn hơn 4,0. Có thể sử dụng nội suy tuyến tính cho các tỷ số nằm trong khoảng từ 2,0 đến 4,0 (Hình 10).

Không xét đến sự che chắn của thiết bị gắn thêm khi  $K_a < 1,0$  (xem 6.6.5.2) khi xác định lực gió tính toán lên thiết bị gắn thêm.

CHÚ THÍCH: Việc xem xét sự che chắn có thể khác nhau theo các hướng gió.

#### 6.6.5.5 Đường dây dẫn được gắn thành bó hoặc khối

Diện tích hình chiếu của mỗi dây trong bó hoặc khối, phụ thuộc vào khoảng cách hoặc vị trí của nó trong nhóm (ví dụ không xét đến sự che chắn), phải được kể đến trong tính toán tải trọng gió với hệ số lực  $C_a = 1,2$  (dựa trên dây hình tròn/ê-lip), ngoại trừ khi nhóm dây được xem là nhỏ hơn thiết bị gắn thêm tương đương có bề rộng bằng kích thước ngoài lớn nhất của nhóm dây theo cả hai mặt vuông góc và mặt ngang với hệ số lực  $C_a = 1,5$  cho bó hình chữ nhật và bằng 1,2 cho bó hình tròn, xem Hình 11.

CHÚ THÍCH: Chiều rộng tương đương của thiết bị gắn thêm được sử dụng để xác định sự che chắn theo 6.6.5.4.

#### 6.6.5.6 Áp lực gió

Áp lực gió  $q_z$  tại cao độ  $z$  được xác định theo công thức sau:

$$q_z = 0,582K_zK_{zt}V^2I \quad (\text{N/m}^2) \quad (24)$$

trong đó:

$K_z$  là hệ số áp lực, xem 6.6.2.2;

$K_{zt}$  là hệ số địa hình, xem 6.6.3.4;

$V$  là vận tốc gió tiêu chuẩn, xác định theo công thức (7), (m/s);

$I$  là hệ số tầm quan trọng, xem



### **Bảng 3.**

## **6.7 Tải trọng động đất**

### **6.7.1 Quy định chung**

Cần phải có những xem xét đặc biệt về các ứng xử của ăng ten và kết cấu đỡ ăng ten trong khu vực động đất cao. Các quy định của hướng dẫn này đưa ra các tiêu chí thiết kế để đảm bảo kết cấu đỡ ăng ten dạng tự đứng và cột dây co có đủ độ bền và độ ổn định để chịu các tác động của dao động đất nền.

Tác động của động đất có thể bỏ qua đối với kết cấu thuộc cấp IV theo Bảng 2 và cho các cấp kết cấu thuộc vùng mà giá trị phổ phản ứng gia tốc cực đại tại chu kỳ ngắn  $S_s \leq 1,0$  theo 6.7.3. Ngoài ra, đối với các kết cấu đều đặn, xem Bảng 9, tác động của động đất có thể bỏ qua khi lực cắt đáy nhỏ hơn 50 % tổng lực ngang do gió. Phương pháp tính lực ngang tương đương (xem 6.7.4) có thể được dùng cho tất cả các kết cấu để xác định tổng lực cắt đáy để so sánh với tải trọng gió cho các mục đích của điều này và 13.5. Tải trọng gió để dùng để so sánh là vận tốc gió tiêu chuẩn tại địa điểm xây dựng với chu kỳ lặp là 50 năm.

Khi có yêu cầu, tải trọng động đất được xác định theo các phương pháp nêu trong 6.7.2.

Hệ số tầm quan trọng  $I$  xác định theo

**Bảng 3** dựa vào phân cấp kết cấu theo Bảng 2;

Xác định phương pháp phân tích phù hợp đối với kết cấu theo Bảng 10;

Xác định phân loại nền đất dựa vào đặc trưng của đất theo Bảng 11;

Các hệ số điều chỉnh  $F_a$  và  $F_v$  phụ thuộc phân loại đất nền lần lượt được xác định theo Bảng 12 và Bảng 13;

Xác định giá trị của phổ phản ứng thiết kế tại chu kỳ ngắn ( $S_{DS}$ ) và chu kỳ 1,0 giây ( $S_{D1}$ ) theo 6.7.3.

### 6.7.2 Phương pháp phân tích động đất

Sử dụng một trong những phương pháp phân tích động đất nêu trong Bảng 10 để phân tích kết cấu chịu tải trọng động đất.

Dao động đất nền được xem là xuất hiện cùng hướng với tải trọng gió đối với phương pháp phân tích 1, 2, và 3. Cần phải xét đến mô men xoắn trong phân tích đối với kết cấu không đều đặn do xoắn như nêu tại Bảng 9. Mô hình toán học sử dụng trong phân tích động đất phải tuân theo 7.2 và 7.3.

#### CHÚ THÍCH:

1. Ứng xử do tác động của động đất theo phương pháp 1 và 2 (xem Bảng 10) phải xác định theo phân tích phi tuyến hình học khi phương pháp này được yêu cầu theo 7.3.
2. Tải trọng động đất đối với kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc các kết cấu khác được xác định theo 6.7.9.

### 6.7.3 Phổ phản ứng gia tốc thiết kế

Giá trị của phổ phản ứng thiết kế tại chu kỳ ngắn ( $S_{DS}$ ) và tại chu kỳ 1,0 giây ( $S_{D1}$ ) được xác định theo các công thức sau (tương ứng với động đất chu kỳ lặp 500 năm):

$$S_{DS} = 2,5F_a \frac{a_{gR}}{g} \quad (25)$$

$$S_{D1} = F_v \frac{a_{gR}}{g} \quad (26)$$

trong đó:

$F_a$  là hệ số nền theo gia tốc phụ thuộc loại nền và gia tốc phổ phản ứng tại chu kỳ ngắn, xác định theo Bảng 12;

$F_v$  là hệ số nền theo vận tốc phụ thuộc loại nền và gia tốc phổ phản ứng tại 1,0 giây, xác định theo Bảng 13;

$a_{gR}$  là đỉnh gia tốc nền tham chiếu ứng với chu kỳ lặp 500 năm, xác định theo TCVN 9386:2012 hoặc QCVN 02: 2009/BXD;

$g$  là gia tốc trọng trường, lấy bằng  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

#### **6.7.4 Phương pháp tính lực ngang tương đương (Phương pháp 1)**

Xác định tổng trọng lượng ( $W$ ) của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm. Đối với cột dây co,  $W$  bao gồm cả trọng lượng của một nửa dây co phía trên gắn liền với kết cấu.

Tổng lực cắt đáy ( $V_s$ ) được xác định theo 6.7.4.1. Phân bố lực cắt đáy theo 6.7.4.2. Lực động đất được xem là ngoại lực.

##### **6.7.4.1 Tổng lực cắt đáy**

Tổng lực cắt đáy,  $V_s$ , theo phương đang xét được xác định theo công thức sau:

$$V_s = \frac{S_{DS} W I}{R} \quad (27)$$

Ngoài ra, đối với kết cấu được đỡ bởi nền, thì tổng lực cắt đáy,  $V_s$ , không được lớn hơn:

$$V_s = \frac{S_{D1} W I}{R T_1} \quad (28)$$

Khi áp dụng điều kiện trên,  $V_s$  không được nhỏ hơn  $0,44 S_{DS} W I$ .

trong đó:

$S_{DS}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ ngắn, xem 6.7.3;

$S_{D1}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ 1,0 giây, xem 6.7.3;

$T_1$  là chu kỳ dao động riêng cơ bản của kết cấu theo 6.7.8;

$W$  là trọng lượng của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm, đối với cột dây co  $W$  còn bao gồm một nửa dây co;

$I$  là hệ số tầm quan trọng, xem

### Bảng 3;

$R$  là hệ số ứng xử kết cấu khi chịu động đất, lấy bằng 3,0 đối với kết cấu không gian rỗng, bằng 2,5 đối với cột dây co dạng rỗng và 1,5 đối với trụ;

#### 6.7.4.2 Phân bố lực động đất theo phương đứng

Lực động đất theo phương ngang,  $F_{SZ}$  tại cao độ  $z$  được xác định theo công thức sau:

$$F_{SZ} = \frac{w_z h_z^{k_e}}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^{k_e}} V_s \quad (29)$$

trong đó:

$V_s$  là tổng lực cắt đáy do động đất, xem 6.7.4.1;

$n$  là số gán cho mức cao độ cao nhất của kết cấu phụ thuộc vào phân bố của trọng lượng bản thân;

$i$  là ký hiệu gán cho một mức cao độ của kết cấu, bắt đầu từ cao độ chân đến cao độ đỉnh;

$z$  là chỉ số gán cho mức cao độ đang xét;

$w_z$  là tổng trọng lượng bản thân ( $W$ ) gán vào phía dưới mức cao độ đang xét;

$h_z$  là chiều cao tính từ mặt nền đến cao độ  $z$ ;

$w_i$  là tổng trọng lượng bản thân ( $W$ ) gán lên cao độ  $i$ ;

$h_i$  là chiều cao tính từ mặt nền đến cao độ  $i$ ;

$k_e$  là chỉ số mũ của hàm số phân bố lực động đất, lấy bằng 1,0 đối với kết cấu có chu kỳ dao động riêng lớn hơn hoặc bằng 0,5 s, lấy bằng 2,0 đối với kết cấu có chu kỳ dao động riêng nhỏ hơn hoặc bằng 2,5 s. Đối với kết cấu có tần số dao động riêng từ 0,5 s đến 2,5 s thì xác định bằng phương pháp nội suy tuyến tính. Ngoài ra,  $k_e$  có thể lấy bằng 2,0 đối với mọi kết cấu;

CHÚ THÍCH: Đối với cột dây co, một nửa trọng lượng của dây co được gán cho điểm bắt của dây lên cột.

#### 6.7.5 Phương pháp phân tích dạng dao động tương đương (Phương pháp 2)

Xác định tần số dao động cơ bản của kết cấu theo 6.7.8. Tính toán lực động đất tại mỗi cao độ của kết cấu theo 6.7.5.1. Lực động đất được coi là ngoại lực khi phân tích kết cấu.

### 6.7.5.1 Xác định lực động đất

Lực động đất theo phương ngang  $F_{sz}$  tại các mức cao độ của kết cấu ( $z$ ) được xác định theo công thức sau:

$$F_{sz} = \frac{S_{az} w_z l}{R} \quad (27)$$

trong đó:

$z$  là chỉ số gán cho mức cao độ đang xét;

$S_{az}$  là hệ số gia tốc tại cao độ  $z$ , xác định theo công thức sau:

$$S_{az} = \frac{a(S_A)^2 + b(S_{DS})^2}{\left[ (S_A)^2 + c(S_{DS})^2 \right]^{1/2}} \quad (28)$$

$w_z$  là tổng tải trọng bản thân ( $W$ ) gán vào phía dưới mức cao độ đang xét;

$l$  là hệ số tâm quan trọng, xem

### **Bảng 3;**

$R$  là hệ số ứng xử kết cấu khi chịu động đất, lấy bằng 3,0 đối với kết cấu không gian rỗng, bằng 2,5 đối với cột dầm co dạng rỗng và 1,5 đối với trụ;

$a, b, c$  là hệ số dao động tương đương xác định theo Hình 12;

$S_A = S_{DI}(T_I)$  khi  $T_I \geq S_I/S_{DS}$ ;  $S_A = S_{DS}$  khi  $T_I < S_I/S_{DS}$ ;

$T_I$  là chu kỳ dao động riêng cơ bản của kết cấu theo 6.7.8;

$S_{DS}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ ngắn, xem 6.7.3;

$S_{DI}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ 1,0 giây, xem 6.7.3.

### **6.7.6 Phương pháp phân tích dạng dao động (Phương pháp 3)**

Xây dựng mô hình toán học thể hiện sự phân bố không gian của khối lượng, độ cứng của kết cấu tổng thể.

Tiến hành phân tích để xác định chu kỳ dao động, dạng dao động và hệ số khối lượng tham gia dao động của kết cấu. Số lượng dạng dao động phải xét đến trong phân tích phải đủ để tổng khối lượng tham gia dao động của các dạng dao động phải đạt ít nhất là 85%. Việc phân tích cho từng hướng sẽ dựa trên các phương pháp phân tích kết cấu được thiết lập.

Xây dựng phổ phản ứng thiết kế theo 6.7.6.1.

Tính toán lực cắt đáy  $V_{sm}$  ứng với mỗi dạng dao động theo 6.7.6.2.

Xác định lực động đất lên các mức cao độ của kết cấu ứng cho từng dạng dao động theo 6.7.6.3.

Phân tích kết cấu với lực động đất xem là ngoại lực cho mỗi dạng dao động.

Tổ hợp ứng xử của các dạng dao động bằng phương pháp căn bậc hai của tổng bình phương.

#### **6.7.6.1 Phổ phản ứng thiết kế**

Phổ phản ứng thiết kế được xác định theo các công thức dưới đây và được thể hiện tại Hình 13.

$S_{am}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ  $T_m$ .

Khi  $T_m < 4$  giây:

$$\text{Khi } T_m \leq T_o: \quad S_{am} = S_{DS} (0,4 + 0,6T_m / T_o) \quad (32)$$

$$\text{Khi } T_o < T_m < T_s: \quad S_{am} = S_{DS} \quad (33)$$

$$\text{Khi } T_m \geq T_s: \quad S_{am} = S_{DI} / T_m \quad (34)$$

Khi  $T_m \geq 4$  giây:

$$S_{am} = 4S_{D1} / T_m^2 \quad (35)$$

trong đó:

$S_{DS}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ ngắn, xem 6.7.3;

$S_{D1}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ 1,0 giây, xem 6.7.3;

$$T_o = 0,2S_{D1}/S_{DS};$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS}.$$

### 6.7.6.2 Lực cắt đáy của mỗi dạng dao động

Lực cắt đáy ( $V_{sm}$ ) ứng với mỗi dạng dao động được xác định theo công thức sau:

$$V_{sm} = \frac{S_{am} W_m I}{R} \quad (36)$$

$$W_m = \frac{\left( \sum_{i=1}^n w_i \phi_{im} \right)^2}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im}^2} \quad (37)$$

trong đó:

$S_{am}$  là giá trị phổ phản ứng gia tốc thiết kế tại chu kỳ  $T_m$ ;

$W_m$  là trọng lượng hữu hiệu của dạng dao động;

$I$  là hệ số tầm quan trọng, xem

### **Bảng 3;**

$R$  là hệ số ứng xử kết cấu khi động đất, lấy bằng 3,0 đối với kết cấu không gian rỗng, bằng 2,5 đối với cột dây co dạng rỗng và 1,5 đối với trụ;

$n$  là chỉ số gán cho mức cao độ cao nhất của kết cấu phụ thuộc vào phân bố của tải trọng bản thân;

$i$  là ký hiệu gán cho một mức cao độ của kết cấu, bắt đầu từ cao độ chân đến cao độ đỉnh;

$m$  là chỉ số, dùng chỉ đại lượng ứng với dạng dao động thứ  $m$ ;

$w_i$  là tổng tải trọng bản thân ( $W$ ) gán lên cao độ  $i$ ;

$\phi_{im}$  là độ lớn chuyển vị tại cao độ thứ  $i$  ứng với dạng dao động thứ  $m$ .

#### **6.7.6.3 Lực động đất của mỗi dạng dao động**

Lực động đất ( $F_{zm}$ ) lên các mức cao độ của kết cấu ( $z$ ) ứng cho từng dạng dao động ( $m$ ) được xác định theo các công thức sau:

$$F_{zm} = C_{zm} V_{sm} \quad (38)$$

trong đó:

$$C_{zm} = \frac{w_z \phi_{zm}}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im}} \quad (39)$$

$z$  là chỉ số gán cho mức cao độ đang xét;

$C_{zm}$  là hệ số phân bố lực động đất của dạng dao động thứ  $m$ ;

$V_{sm}$  là lực cắt đáy do động đất ứng với dạng dao động thứ  $m$ ;

$w_z$  là tổng tải trọng bản thân ( $W$ ) gán vào cao độ  $z$ ;

$w_i$  là tổng tải trọng bản thân gán lên cao độ  $i$ ;

$\phi_{zm}$  là dịch chuyển ngang tại cao độ thứ  $z$  ứng với dạng dao động thứ  $m$ ;

$\phi_{im}$  là dịch chuyển ngang tại cao độ thứ  $i$  ứng với dạng dao động thứ  $m$ .

#### **6.7.7 Phân tích theo lịch sử thời gian (Phương pháp 4)**

Xây dựng mô hình toán học thể hiện sự phân bố không gian của khối lượng, độ cứng của kết cấu



tổng thể với hệ số cản dao động lấy bằng 5 %.

Lựa chọn hai giản đồ dao động nền theo phương ngang vuông góc với nhau từ không ít hơn ba giản đồ thực tương thích với đặc trưng động đất tại địa điểm xây dựng hoặc sử dụng giản đồ dao động nền nhân tạo theo các phương pháp được chấp nhận.

Đối với mỗi phương nằm ngang, xây dựng phổ phản ứng với hệ số cản dao động là 5 %. Kết hợp phổ phản ứng của mỗi cặp thành phần ngang bằng phương pháp căn bậc hai của tổng bình phương (SRSS). Lấy giá trị trung bình của phổ kết hợp. Điều chỉnh (thông qua hệ số tỷ lệ) thành phần dao động nền theo phương ngang để phổ kết hợp trung bình không nhỏ hơn tích của 1,3 lần phổ phản ứng thiết kế xác định theo 6.7.6.1 và hệ số tầm quan trọng của kết cấu. Hệ số tỷ lệ này áp dụng cho tất cả các thành phần của giản đồ dao động nền.

Tiến hành phân tích theo lịch sử thời gian đối với hai thành phần đã điều chỉnh của dao động nền. Khi khoảng cách theo phương ngang giữa móng của cột với điểm neo vượt quá 300 m, thì các tác động lệch pha lên điểm neo phải được bao gồm trong phân tích. Thời gian trễ được xác định căn cứ vào vận tốc sóng cắt trong đất nền tại hiện trường và khoảng cách giữa móng trụ và điểm neo dây co.

Xác định ứng xử của tải trọng để thiết kế bằng cách lựa chọn giá trị lớn nhất của ứng xử từ kết quả phân tích theo lịch sử thời gian.

### 6.7.8 Chu kỳ dao động riêng của kết cấu

Chu kỳ dao động riêng của kết cấu ( $T_1$ ) theo phương đang xét cần được xác định thông qua các thuộc tính kết cấu và đặc trưng biến dạng của các cấu kiện chịu lực. Thay vì cần tiến hành phân tích cụ thể, chu kỳ dao động riêng của kết cấu có thể xác định theo các mục từ 6.7.8.1 đến 6.7.8.3.

#### 6.7.8.1 Kết cấu tháp rỗng tự đứng

$$T_1 = \frac{h^2}{1500w_a} \sqrt{\frac{W_1 + W_2}{W_1}} \quad (40)$$

trong đó:

$T_1$  là tần số dao động riêng thứ nhất của kết cấu;

$$W_1 = W \left[ \left( \frac{w_a}{w_o} \right)^2 + 0,15 \right] \quad (41)$$

$W$  là trọng lượng của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm;

$W_2$  là trọng lượng của kết cấu và thiết bị gắn thêm trong 5 % chiều cao tại đỉnh;

$w_a$  là chiều rộng trung bình của mặt kết cấu (m);

$w_o$  là chiều rộng tại chân kết cấu (m);

$h$  là chiều cao của kết cấu (m).

### 6.7.8.2 Kết cấu trụ tự đứng

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L^3(W_u + 0.236W_L)}{3EI_{avg}g}} \quad (42)$$

trong đó:

$E$  là mô đun đàn hồi của vật liệu kết cấu, (MPa);

$$I_{avg} = (I_{top} + I_{bot}) / 2, \text{ (mm}^4\text{)};$$

$I_{top}$  là mô men quán tính tại đỉnh kết cấu (mm<sup>4</sup>);

$I_{bot}$  là mô men quán tính tại chân kết cấu (mm<sup>4</sup>);

$W_u$  là trọng lượng của thiết bị gắn thêm dạng rời tại 1/3 chiều cao phía trên của kết cấu (N);

$$W_L = W_t - W_u \text{ (N)};$$

$W_t$  là tổng trọng lượng của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm (N);

$L$  là chiều cao của kết cấu trụ (mm);

$g$  là gia tốc trọng trường (mm/s<sup>2</sup>).

### 6.7.8.3 Cột dây co

$$T_1 = 14,66 \sqrt{\frac{W_t}{K_g}} \quad (43)$$

$$K_g = \sum_{i=1}^n \frac{N_i (A_{gi})(G_{ri})(H_{gi})}{h(L_{gi})^2} \quad (44)$$

trong đó:

$K_g$  là độ cứng tương đương của dây co;

$W_t$  là tổng trọng lượng của kết cấu bao gồm thiết bị gắn thêm và dây co (N);

$n$  là số lượng mắt neo;

$i$  là ký hiệu gán cho một cao độ của dây từ đáy đến đỉnh;

$N_i$  là số lượng cáp tại cao độ  $i$ ;

$A_{gi}$  là diện tích của một dây co đơn tại cao độ  $i$  ( $\text{mm}^2$ );

$G_{ri}$  là khoảng cách trung bình từ tâm trụ đến dây co tại cao độ  $i$  (mm);

$H_{gi}$  là chiều cao từ mặt đất đến dây tại cao độ  $i$  (mm);

$h$  là chiều cao của kết cấu (m);

$L_{gi}$  là chiều dài trung bình của dây co tại cao độ  $i$  (mm);

Ngoài ra, có thể sử dụng công thức đơn giản sau:

$$T_1 = \frac{h^{3/4}}{50} \quad (45)$$

trong đó:

$h$  là chiều cao của kết cấu (mm).

### **6.7.9 Kết cấu được đỡ bởi nhà hoặc kết cấu khác**

Tải trọng động đất của kết cấu có chiều cao nhỏ hơn hoặc bằng 30 m và không có sự không đều đặn về khối lượng hoặc độ cứng theo quy định tại Bảng 9, có thể xác định theo phương pháp nêu tại 6.7.4 (Phương pháp 1) nhân với hệ số khuếch đại quy định tại 6.7.9.1.

Hiệu ứng tương tác giữa kết cấu và kết cấu đỡ cần phải xét đến đối với kết cấu có tính không đều đặn về khối lượng hoặc độ cứng và đối với kết cấu có chiều cao lớn hơn 30 m. Cần sử dụng phương pháp phân tích phù hợp để xét đến đặc trưng động lực của kết cấu và có thể sử dụng để cho các loại kết cấu đỡ để xác định tải trọng động đất. Tuy nhiên, tải trọng động đất không được nhỏ hơn 80 % tải trọng động đất xác định theo 6.7.4.

#### **6.7.9.1 Hệ số khuếch đại**

Tải trọng động đất xác định theo phương pháp nêu tại 6.7.4 (Phương pháp 1) cần được nhân với hệ số khuếch đại ( $A_s$ ) như sau:

Đối với kết cấu tự đứng hoặc cột dây co, hệ số khuếch đại được lấy bằng 3,0.

Đối với kết cấu được gắn nhô ra tại cao độ ở khoảng nửa trên của kết cấu đỡ, thì hệ số khuếch đại được lấy bằng 1,0.

Đối với kết cấu được gắn nhô ra tại cao độ ở khoảng nửa dưới của kết cấu đỡ, thì hệ số khuếch đại được lấy bằng 3,0 hoặc có thể nội suy tuyến tính giữa giá trị 3,0 và 1,0 căn cứ vào cao độ của

vị trí gắn kết với cao độ giữa chiều cao kết cấu.

## 6.8 Các yêu cầu về sử dụng

### 6.8.1 Biến dạng ở trạng thái giới hạn

Trừ phi có quy định khác, biến dạng của bất kỳ điểm nào của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng sử dụng không được vượt quá các giá trị sau: Góc xoay quanh trục đứng (góc xoắn) và góc xoay quanh bất kỳ một trục ngang nào (góc lệch) không được vượt quá 4°; Chuyển vị ngang không được vượt quá 3 % chiều cao của kết cấu; Đối với kết cấu ống công xôn hoặc trụ đỡ rỗng, trụ hoặc các kết cấu tương tự được gắn lên kết cấu rỗng, thì chuyển vị ngang tương đối không được vượt quá 1,0 % chiều cao công xôn (tính từ đỉnh đến chân công xôn).

### 6.8.2 Tải trọng sử dụng

Tải trọng thiết kế được định nghĩa là tổ hợp tải trọng dưới đây (vận tốc gió tiêu chuẩn nhỏ nhất là 27 m/s):

$$1,0D + 1,0D_g + 1,0W_0 \quad (46)$$

Lực gió theo phương ngang dùng để xác định tải trọng sử dụng được tính toán với hệ số tầm quan trọng  $I$  bằng 1,0, hệ số hướng gió  $K_d$  bằng 0,85 cho mọi dạng kết cấu. Hệ số  $K_z$ , hệ số gió giật  $G_h$  và hệ số địa mạo  $K_{z1}$  lấy bằng giá trị tương ứng trong trạng thái giới hạn về độ bền.

**Bảng 2 – Phân cấp kết cấu**

Chiều cao của kết cấu (m)	Cấp kết cấu
$\geq 300$	Đặc biệt
từ 150 đến < 300	I
từ 75 đến < 150	II
từ > 45 đến < 75	III
$\leq 45$	IV

**Bảng 3 - Hệ số tầm quan trọng**

Cấp kết cấu	Tải trọng gió	Động đất
Đặc biệt	1,15	1,25
I	1,15	1,25
II	1,00	1,00
III	1,00	0,75
IV	0,87	Không tính

CHÚ THÍCH: Tải trọng động đất không áp dụng cho kết cấu cấp IV.

**Bảng 4 - Các hệ số địa hình**

Dạng địa hình	$K_{zmin}$	$K_e$
C	0,70	0,90
B	0,85	1,00
A	1,03	1,10

**Bảng 5 - Các hằng số địa mạo**

Phân loại địa mạo	$K_t$	$f$
2	0,43	1,25
3	0,53	2,00
4	0,72	1,50

**Bảng 6 - Hệ số hướng gió**

Tiết diện	Hình vuông		Tam giác		
	Vuông góc	45°	Vuông góc	60°	± 90°
$D_f$	1,0	$1+0,75\varepsilon$ (lớn nhất là 1,2)	1,0	0,80	0,85
$D_r$	1,0	$1+0,75\varepsilon$ (lớn nhất là 1,2)	1,0	1,0	1,0

CHÚ THÍCH: Hướng gió được tính từ đường thẳng vuông góc với mặt của kết cấu

**Bảng 7 - Hệ số lực ( $C_F$ ) cho kết cấu trụ**

<b>C</b> <b>(m/s.m)</b>	<b>Tròn</b>	<b>18 cạnh</b>	<b>16 cạnh</b>	<b>12 cạnh</b>	<b>8 cạnh</b>
< 4,4 (dòng thổi cận tới hạn)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
4,4 ≤ c ≤ 8,7 (chuyển tiếp)	5,23 / (C) <sup>1,0</sup>	4,42 / (C) <sup>0,885</sup>	3,26 / (C) <sup>0,678</sup>	1,77 / (C) <sup>1,0</sup>	1,2
> 8,7 (dòng thổi trên tới hạn)	0,60	0,65	0,75	1,0	1,2

$C = (IK_z K_z)^{0,5} VD$ , với đơn vị của  $D$  là m, và đơn vị của  $V$  là m/s.

$V$  là vận tốc gió tiêu chuẩn trong trường hợp tải đang xét.  $D$  là đường kính ngoài của trụ tròn hoặc đường kính bao ngoài của đa giác.

**CHÚ THÍCH:**

1. Khi các thiết bị gắn thêm dạng tuyến tính như thang, ống dẫn, dây đồng trục, giá, hoặc các vật nhô ra khác gắn ở mặt ngoài của trụ, thì diện tích hình chiếu hữu hiệu được xác định như sau:

a. Khi  $R_a \leq 0,1$ : có thể bỏ qua diện tích hình chiếu của phụ kiện;

b. Khi  $0,1 < R_a \leq 0,2$ , thì nhân  $C_f$  với giá trị  $1,0 + 0,3(R_a - 0,1)$  và bỏ qua diện tích hình chiếu của phụ kiện;

c. Khi  $R_a > 0,2$  hoặc với bất kỳ giá trị nào của  $R_a$  thì sử dụng giá trị  $C_f$  của dòng thổi cận tới hạn. Diện tích hình chiếu của phụ kiện được xét cùng với kết cấu thông qua hệ số lực phù hợp cho các thiết bị gắn thêm.

Trong đó  $R_a$  là tỷ số giữa diện tích hình chiếu của phụ kiện (vuông góc với hướng gió) với diện tích hình chiếu của kết cấu khi không có phụ kiện tại vị trí xem xét.

2. Có thể sử dụng phương pháp nội suy tuyến tính dựa trên góc nội tiếp với mỗi mặt, giữa các giá trị hiển thị cho các dạng tiết diện khác. Góc nội tiếp của tiết diện tròn là 0 độ.

**Bảng 8 - Hệ số lực ( $C_a$ ) cho thiết bị gắn thêm**

Loại cấu kiện		Tỷ số dài/rộng		
		$\leq 2,5$	$= 7$	$\geq 25$
		$C_a$	$C_a$	$C_a$
Dạng phẳng		1,2	1,4	2,0
Dạng tròn	$C < 4,4$ (dòng thổi cận tới hạn)	0,70	0,80	1,2
	$4,4 \leq C \leq 8,7$ (dòng tới hạn)	$1,43 / (C)^{0,485}$	$1,47 / (C)^{0,415}$	$5,23 / (C)^{1,0}$
	$C > 8,7$ (dòng thổi trên tới hạn)	0,50	0,50	0,50

trong đó:

$C = (IK_z K_z)^{0,5} (V)(D)$ , với đơn vị của  $D$  là m, và đơn vị của  $V$  là m/s;

$V$  là vận tốc gió tiêu chuẩn trong trường hợp tải đang xét;

$D$  là đường kính ngoài của thiết bị gắn thêm;

Tỷ số dài/rộng là tỷ số tổng chiều dài với chiều rộng trong mặt phẳng vuông góc với hướng gió.

(Tỷ số dài/rộng không phụ thuộc vào khoảng cách giữa các điểm đỡ của thiết bị gắn thêm dạng tuyến tính và chiều dài phân đoạn mà tải trọng gió được xem là phân bố đều).

**CHÚ THÍCH:**

1. Đối với thiết bị gắn thêm dạng trụ tròn, khi tồn tại các bất thường như cánh, móc, v.v... thì diện tích hình chiếu hữu hiệu được xác định như sau:

a. Khi  $R_a \leq 0,1$  thì có thể bỏ qua diện tích hình chiếu của các bất thường;

b. Khi  $0,1 < R_a \leq 0,2$  thì nhân  $C_f$  với giá trị  $1,0 + 0,3(R_a - 0,1)$  và bỏ qua diện tích hình chiếu của các bất thường;

c. Khi  $R_a > 0,2$  hoặc với bất kỳ giá trị nào của  $R_a$  thì sử dụng giá trị  $C_f$  của dòng thổi cận tới hạn. Diện tích hình chiếu của các bất thường được xét cùng với thiết bị gắn thêm thông qua hệ số lực phù hợp.

Trong đó  $R_a$  là tỷ số giữa diện tích hình chiếu của các bất thường (vuông góc với hướng gió) với diện tích hình chiếu của thiết bị gắn thêm khi không có các bất thường tại vị trí xem xét. Trong trường hợp có băng, thì không cần xét đến chiều dày băng khi tính toán  $R_a$ .

2. Đối với các thiết bị gắn thêm dạng phẳng, khi tồn tại các bất thường như cánh, móc, v.v... thì diện tích hình chiếu hữu hiệu của các bất thường được xét cùng với thiết bị gắn thêm thông qua hệ số lực phù hợp. Trường hợp khi  $C_a R_a \leq 0,1$ , thì có thể bỏ qua diện tích hình chiếu của các bất thường.

3. Có thể sử dụng nội dung tuyến tính khi tỷ số dài/rộng khác với các giá trị thể hiện.

4. Sẽ thiên về an toàn khi sử dụng hệ số lực của dòng thổi cận tới hạn với mọi giá trị  $C$ .

**Bảng 9 - Tính không đều đặn của kết cấu**

Loại	Miêu tả
Không đều đặn về xoắn	Độ lệch của tâm khối lượng của một phân đoạn bao gồm cả thiết bị gắn thêm lệch so với trục đứng của kết cấu lớn hơn 30 % kích thước theo phương ngang nhỏ nhất của phân đoạn đó.
Không đều đặn về độ cứng	Sự thay đổi của độ cứng kháng uốn trung bình của một phân đoạn ( $I_s/L_s$ ) lớn hơn 50 % so với giá trị tương ứng của phân đoạn lân cận.
Không đều đặn về khối lượng	Sự thay đổi của khối lượng trên đơn vị chiều dài ( $M_s/L_s$ ) của tiết diện bao gồm cả thiết bị gắn thêm lớn hơn 200 % so với giá trị tương ứng của phân đoạn lân cận.
<p>trong đó:</p> <p><math>I_s</math> là mô men quán tính trung bình của tiết diện;</p> <p><math>M_s</math> là tổng khối lượng của một phân đoạn;</p> <p><math>L_s</math> là chiều dài của phân đoạn.</p> <p><b>CHÚ THÍCH:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Một phân đoạn là đoạn giữa các liên kết dọc thanh cánh đối với kết cấu rỗng, là khoảng cách giữa các chỗ nối của kết cấu ống, và không vượt quá 15 m đối với bất kỳ kết cấu nào.</li> <li>Không xét đến khối lượng và độ cứng của dây co trong cột dây co khi xác định tính không đều đặn.</li> <li>Khung chống xoắn, v.v... không được xem là sự không đều đặn của kết cấu.</li> <li>Khung gá, bộ gá ăng ten, sàn công tác, v.v... không xem là không đều đặn theo về độ cứng.</li> </ol>	



**Bảng 10 - Phương pháp phân tích động đất**

Miêu tả về phương pháp phân tích <sup>(1)</sup>	Giới hạn về chiều cao của các phương pháp phân tích					
	Khi không có sự không đều đặn về khối lượng, độ cứng theo Bảng 9			Khi có sự không đều đặn về khối lượng, độ cứng theo Bảng 9		
	Tự đứng		Cột dây co <sup>(2)</sup>	Tự đứng		Cột dây co <sup>(2)</sup>
	Trụ	Kết cấu rộng		Trụ	Kết cấu rộng	
Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương (phương pháp 1) theo 6.7.4	15 m	30 m	Không giới hạn	-	-	457 m
Phương pháp phân tích dạng dao động tương đương (phương pháp 2) theo 6.7.5	Không giới hạn	Không giới hạn	-	31 m	183 m	-
Phương pháp tách dạng dao động (phương pháp 3) theo 6.7.6	Không giới hạn	Không giới hạn	-	Không giới hạn	Không giới hạn	-
Phương pháp phân tích theo lịch sử thời gian (phương pháp 4) theo 6.7.7	Không giới hạn	Không giới hạn	Không giới hạn	Không giới hạn	Không giới hạn	Không giới hạn

**CHÚ THÍCH:**

- Đối với phương pháp 1, 2 và 3 có thể bỏ qua tải trọng động đất theo phương đứng.
- Sử dụng phương pháp 4 khi khoảng cách từ chân kết cấu đến vị trí neo dây lớn hơn 305 m.

**Bảng 11 - Phân loại đất nền**

<b>Phân loại nền</b>	<b>Mô tả về lớp đất trong khoảng 30,5 m phía trên tại địa điểm xây dựng</b>	<b>Giá trị xuyên tiêu chuẩn, N</b>	<b>Cường độ cắt không thoát nước, <math>S_u</math>, đất dính <math>PI &gt; 20</math></b>
A	Đá cứng có chiều dày 3 m hoặc lớp đất bề mặt mỏng	-	-
B	Lớp đá nứt nẻ và phong hóa vừa phải có chiều dày 3 m hoặc lớp đất mỏng bề mặt	-	-
C	Đất rất chặt, đá mềm hoặc đá nứt nẻ phong hóa mạnh	$> 50$	$> 100$ kPa
D	Đất cứng	Từ 15 đến 50	Từ 50 đến 100 kPa
E	Đất yếu (không bao gồm loại F)	$< 15$	$< 50$ kPa
		Lớp đất có chiều dày lớn hơn 3 m với $PI \geq 20$ , độ ẩm $\geq 40\%$ , $S_u < 25$ kPa	
F	Đất dễ có khả năng bị phá hoại hoặc sụp đổ khi chịu tải trọng động đất	Lớp đất bao gồm: than bùn và/hoặc đất sét hữu cơ dày trên 3 m, đất sét rất dẻo ( $PI > 75$ ) dày trên 7,6 m, đất sét mềm/trung bình dày trên 36,6 m, đất có khả năng hóa lỏng, đất sét có độ nhạy cao, hỗn hợp đất – xi măng lún ướt yếu.	

**Bảng 12 - Hệ số nền theo gia tốc,  $F_a$**

<b>Phân loại nền</b>	<b>Giá trị phổ phản ứng gia tốc cực đại tại chu kỳ ngắn, <math>S_s</math></b>				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Chú thích 2	Chú thích 2	Chú thích 2	Chú thích 2	Chú thích 2

**CHÚ THÍCH:**

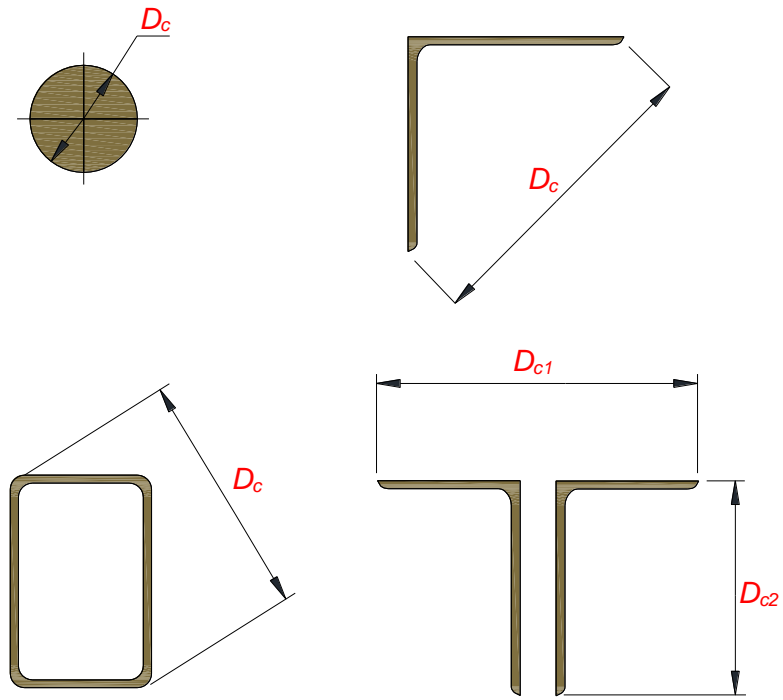
1. Cho phép sử dụng nội suy tuyến tính đối với các giá trị trung gian.
2. Phương pháp xử lý đối với địa điểm cụ thể.

**Bảng 13 - Hệ số nền theo vận tốc,  $F_v$** 

Phân loại nền	Giá trị phổ phản ứng gia tốc cực đại tại chu kỳ một giây, $S_I$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Chú thích 2	Chú thích 2	Chú thích 2	Chú thích 2	Chú thích 2

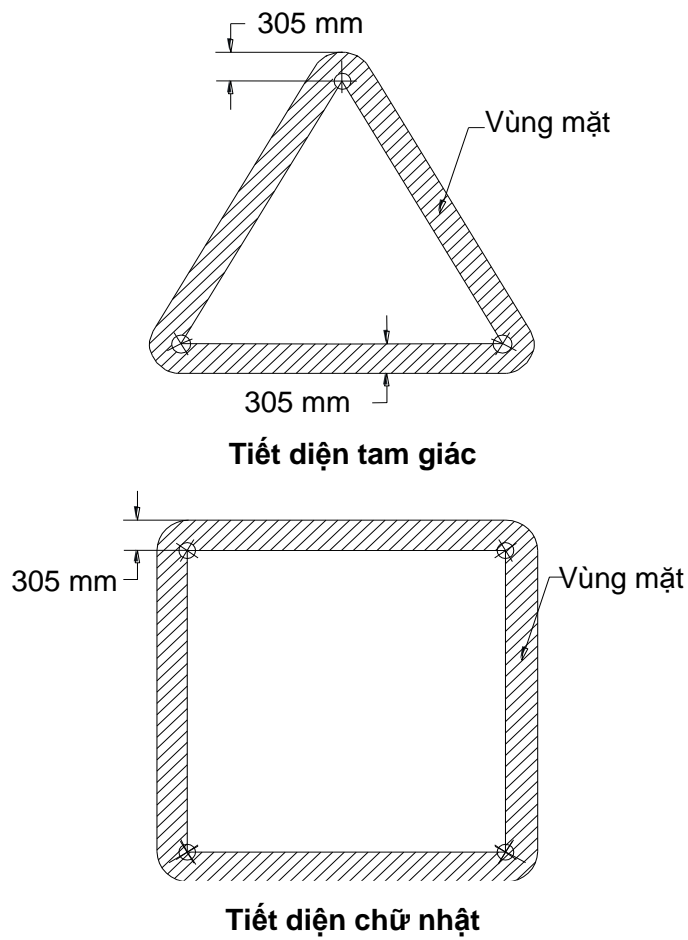
**CHÚ THÍCH:**

1. Cho phép sử dụng nội suy tuyến tính đối với các giá trị trung gian.
2. Phương pháp xử lý đối với địa điểm cụ thể.

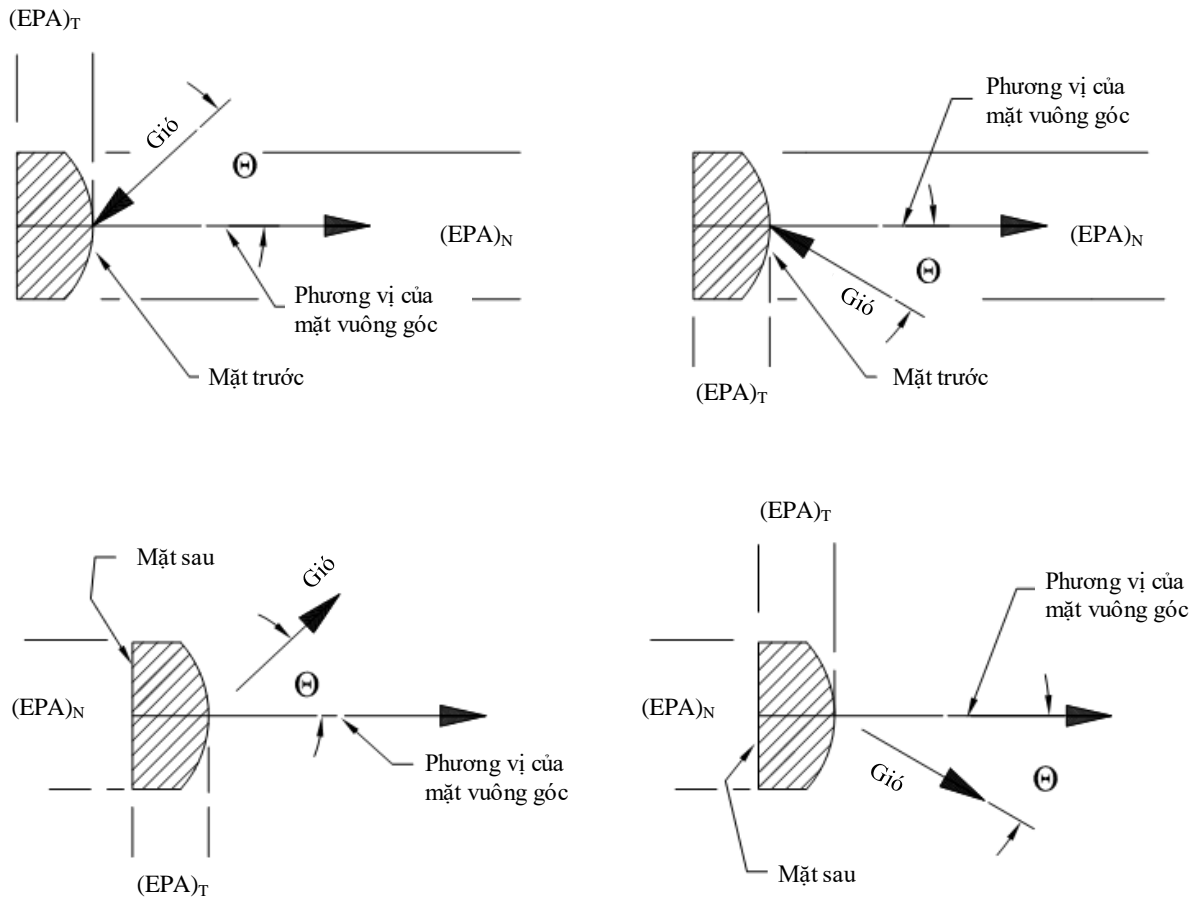


CHÚ THÍCH:  $D_c$  lớn hơn  $D_{c1}$  và  $D_{c2}$ .

**Hình 1 - Kích thước ngoài**

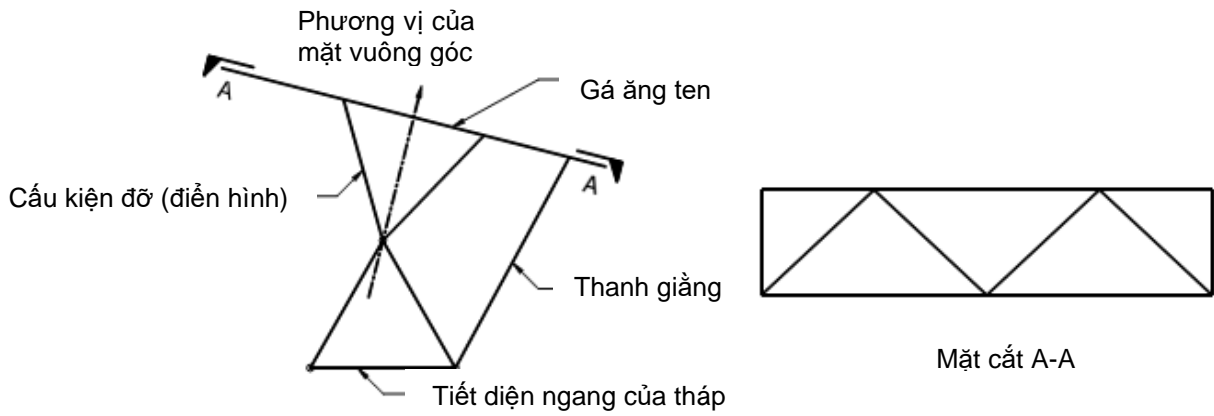


**Hình 2 - Vùng mặt của thiết bị gắn thêm**

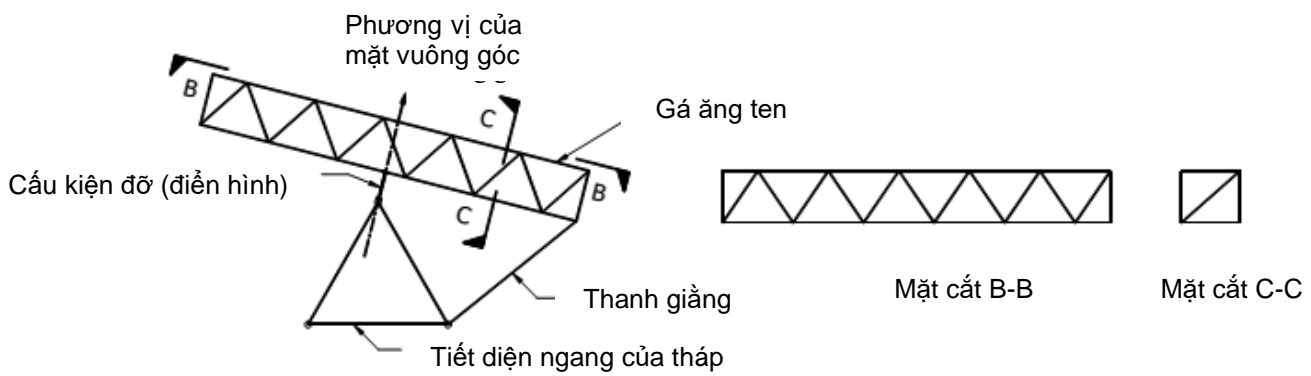


CHÚ THÍCH:  $(EPA)_N$  và  $(EPA)_T$  là diện tích hình chiếu hữu hiệu của thiết bị gắn thêm với mặt phẳng vuông góc và mặt phẳng ngang của thiết bị gắn thêm.

**Hình 3 - Lực gió lên thiết bị gắn thêm**

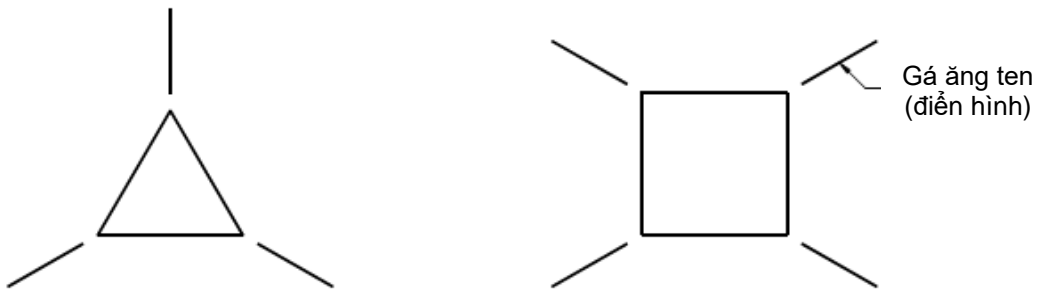


**a) Khung gá dạng khung phẳng**

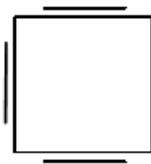
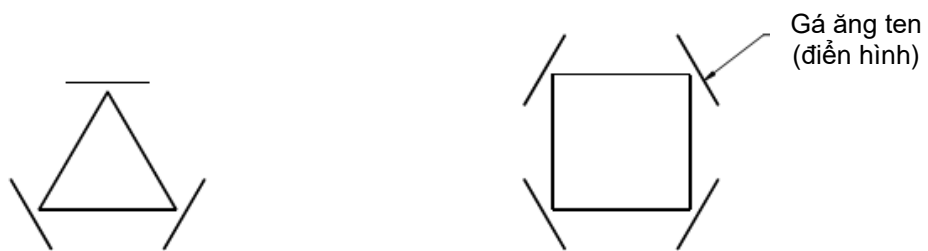


**b) Gá ăng ten dạng giàn**

**Hình 4 – Gá ăng ten**

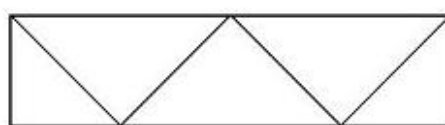
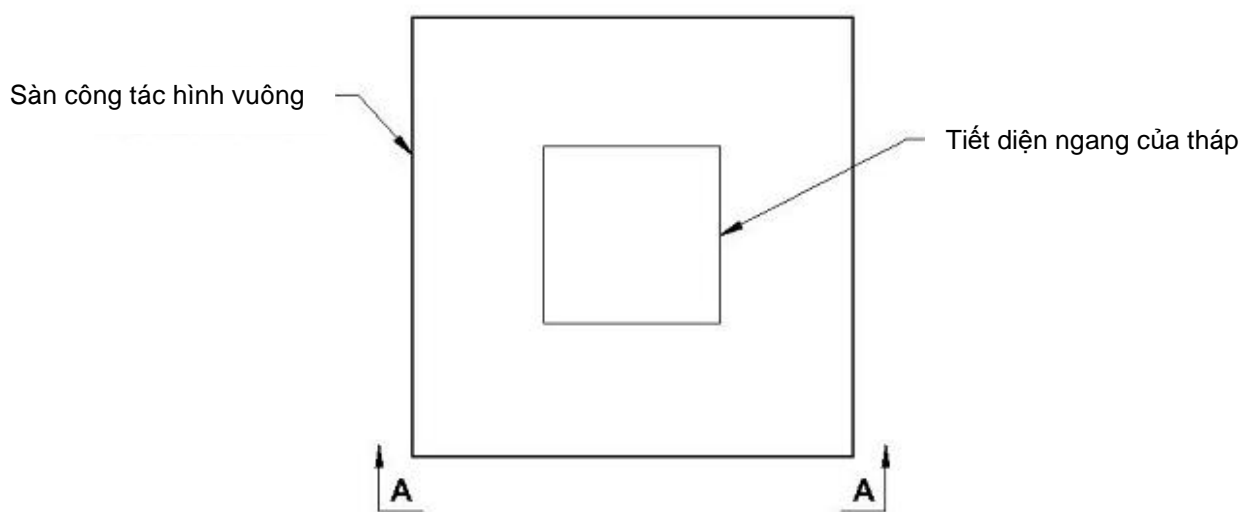
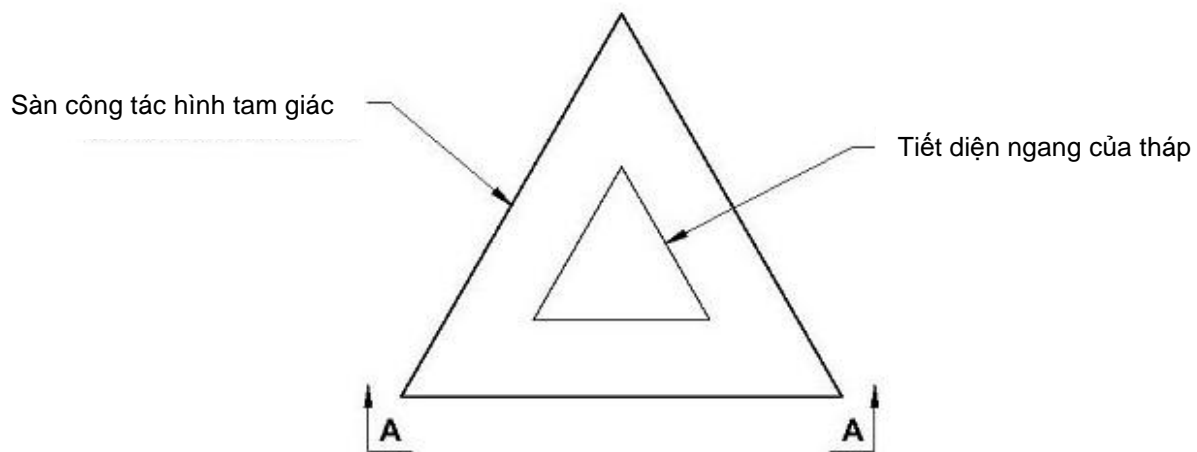


**a) Không cho phép dùng hệ số giảm 0,75**



**b) Cho phép dùng hệ số giảm 0,75 (Yêu cầu phải có tối thiểu 03 gá ăng tan)**

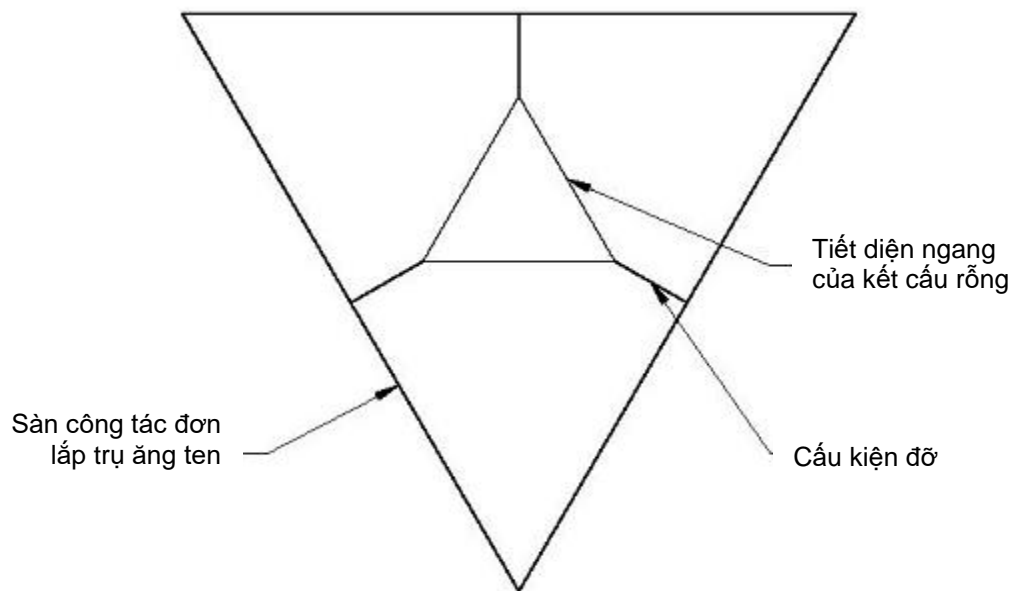
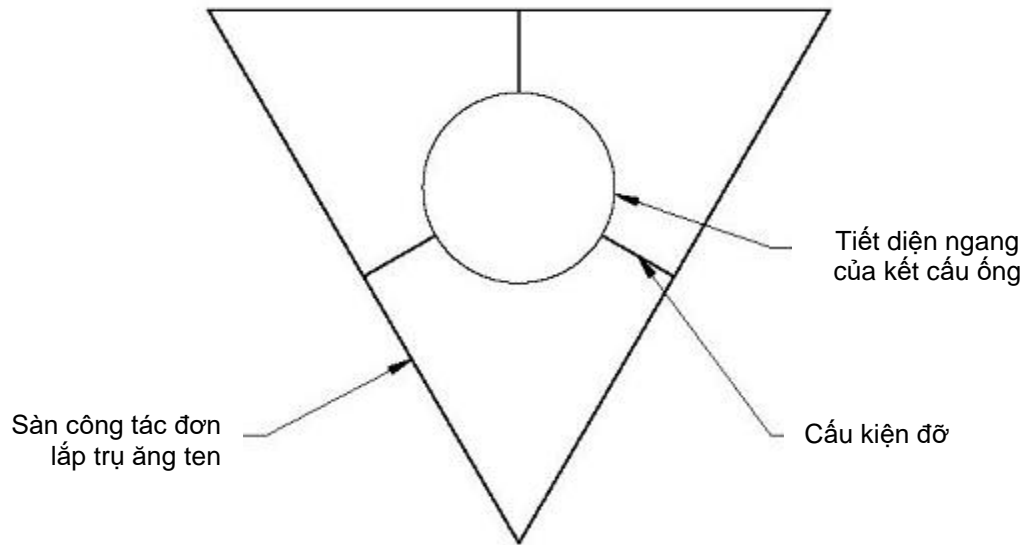
**Hình 5 - Hệ nhiều khung gá**



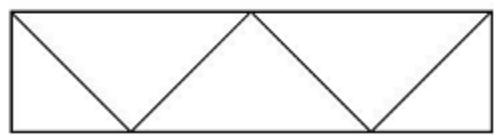
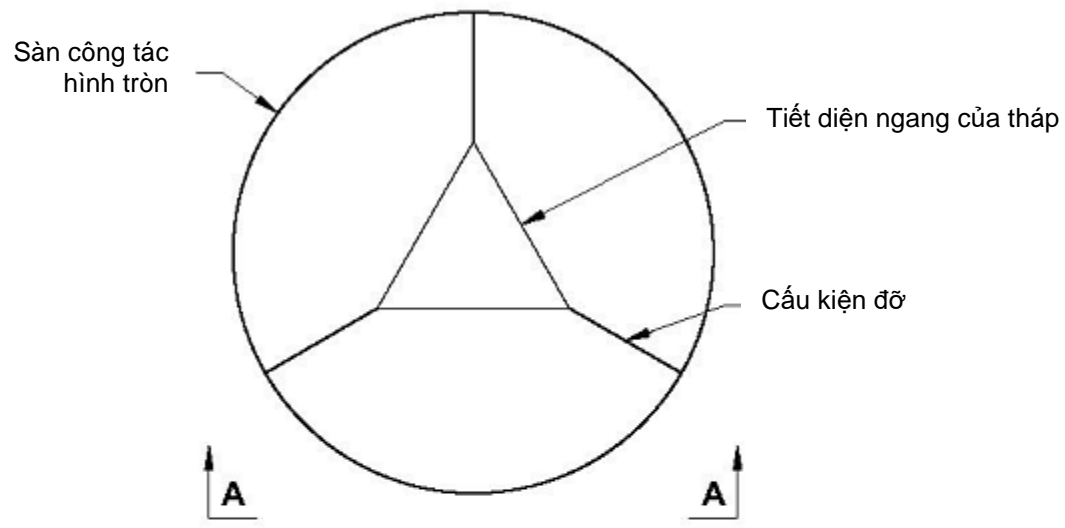
Mặt cắt A-A  
(Dạng giàn)

**Hình 6 - Sàn công tác dạng khung/giàn đối xứng**



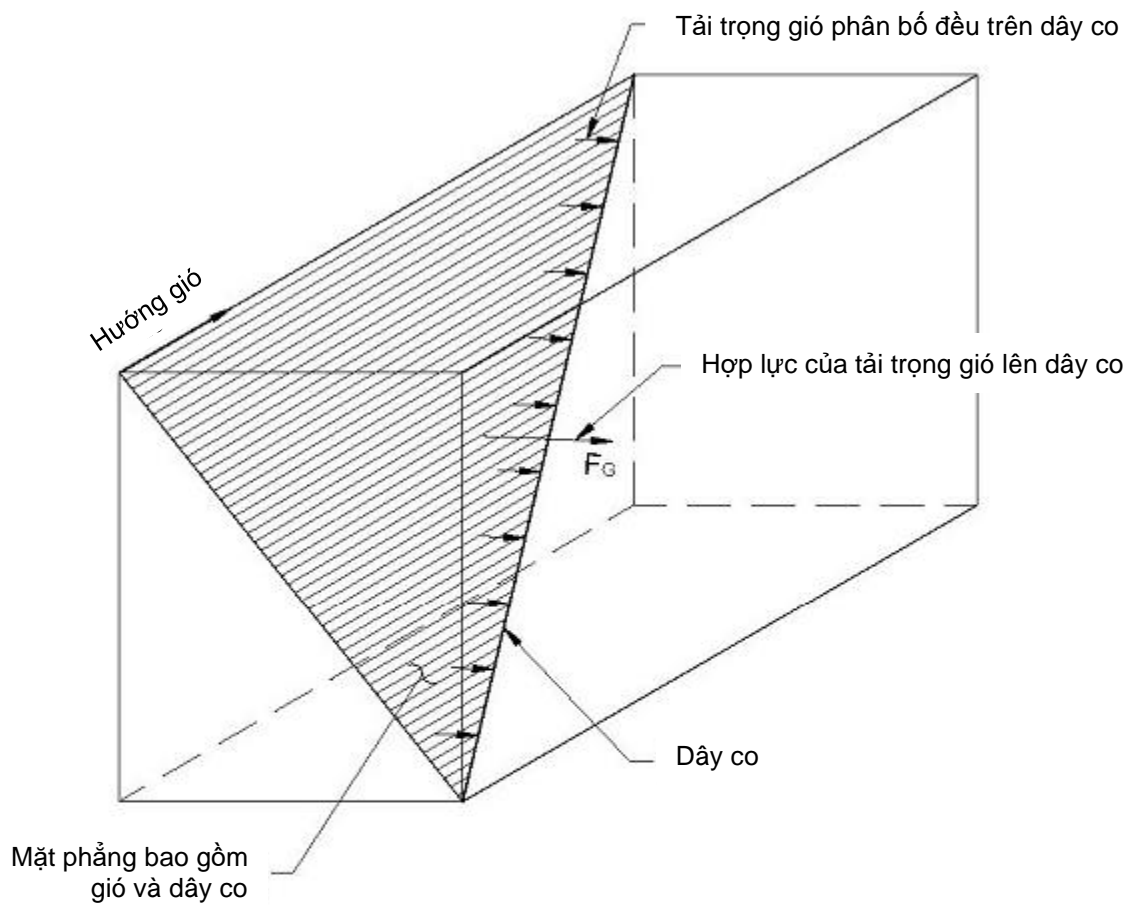


**Hình 7 - Sàn công tác**

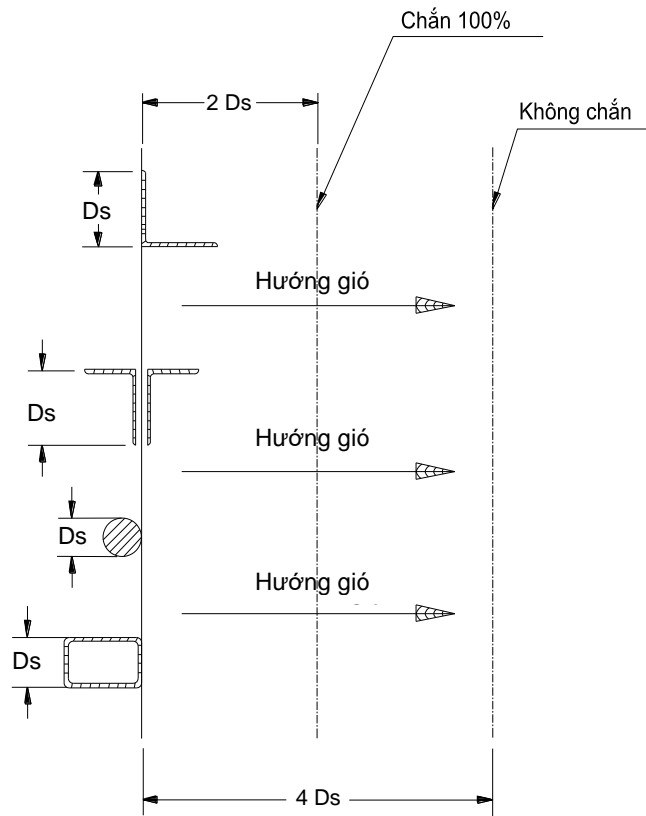


Mặt cắt A-A

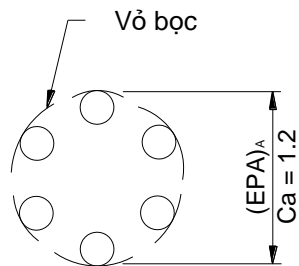
**Hình 8 - Sàn công tác hình tròn**



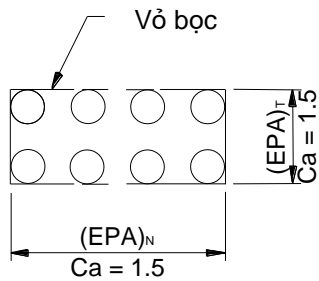
**Hình 9 - Lực gió lên dây co**



**Hình 10: Giới hạn che chắn**



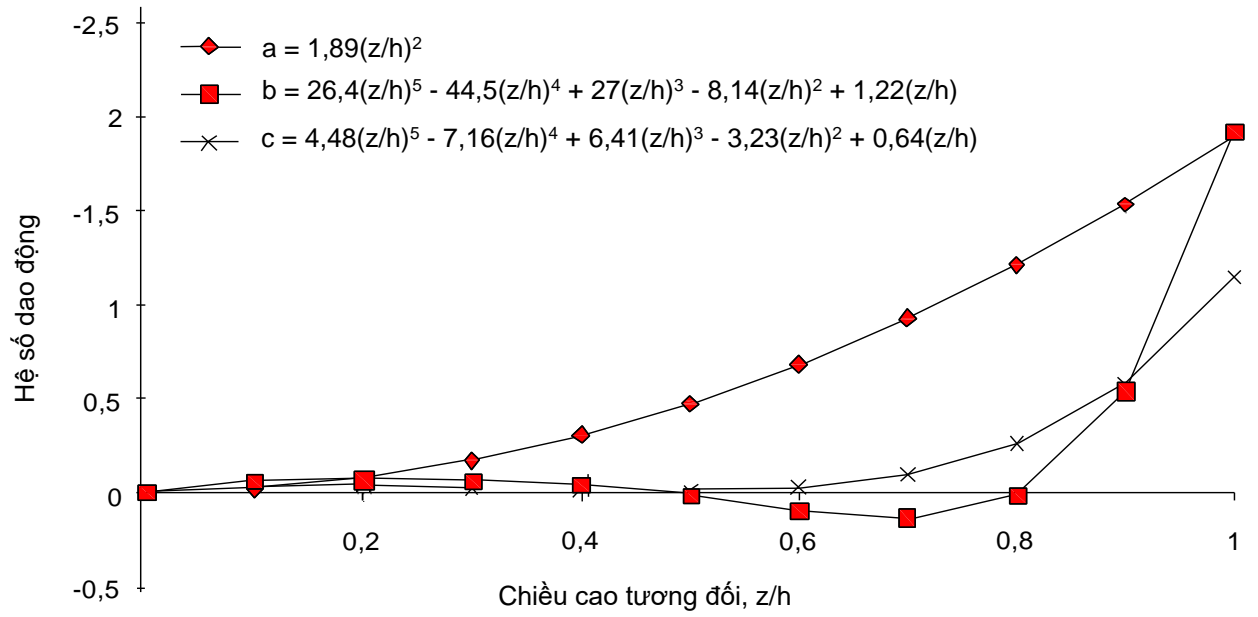
**Trường hợp không có băng**



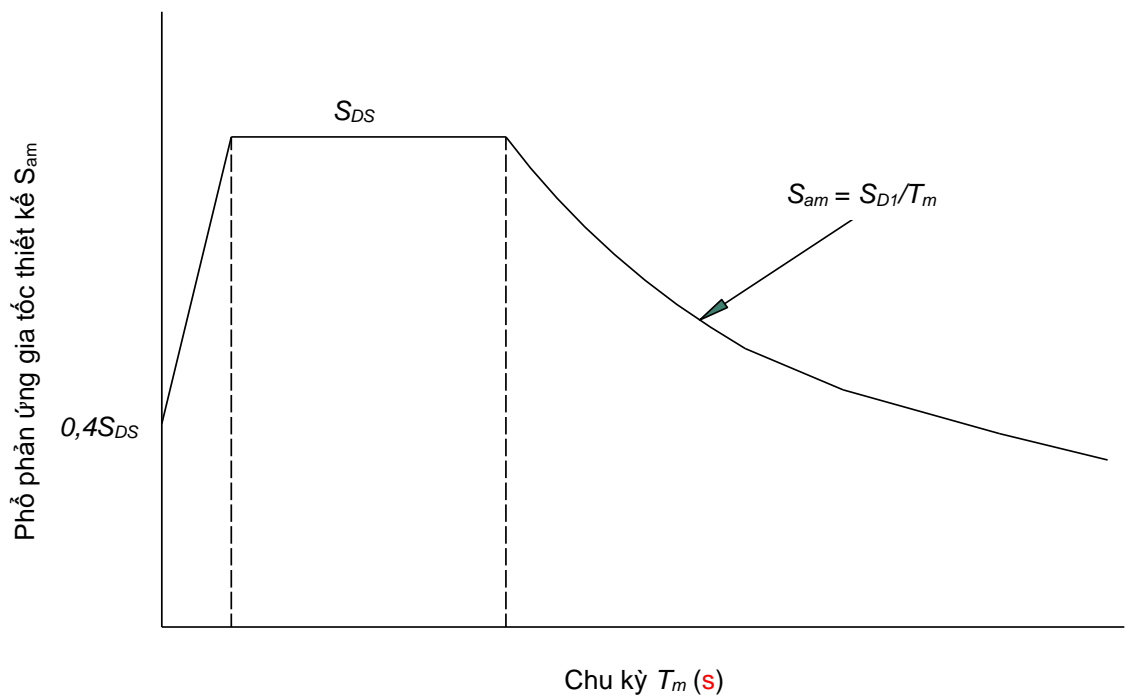
**Trường hợp không có băng**

CHÚ THÍCH:  $(EPA)_A$  và  $(EPT)_T$  là diện tích hình chiếu hữu dụng của thiết bị gắn thêm tương đương dựa trên kích thước bao ngoài của bó.

**Hình 11 - EPA tương đương của đường dây truyền tải**



**Hình 12 - Hệ số dao động tương đương a, b và c**



**Hình 13 - Phổ phản ứng thiết kế**

## **7. Phân tích**

### **7.1 Phạm vi**

Phần này đưa ra quy định về: (i) yêu cầu tối thiểu đối với mô hình và kỹ thuật phân tích, và (ii) các yêu cầu để xét đến hiệu ứng động của gió giật.

### **7.2 Mô hình phân tích**

Yêu cầu tối thiểu để chấp thuận mô hình phân tích như sau:

#### **Tháp rộng tự đứng:**

Mô hình giàn không gian làm việc đàn hồi với các phần tử dạng thẳng có khớp hai đầu chỉ chịu lực dọc.

Mô hình khung - giàn không gian làm việc đàn hồi, trong đó các cấu kiện liên tục (ví dụ như: chân cột, giằng ngang chữ K không có giằng bụng cục bộ trong mặt phẳng) được mô hình bằng phần tử dầm không gian (chịu cả mô men và lực dọc), các cấu kiện còn lại chủ yếu chịu tải trọng dọc trực được mô hình hóa bằng phần tử thanh không gian có khớp hai đầu.

#### **Kết cấu trụ tự đứng:**

Sử dụng mô hình dầm - cột không gian làm việc đàn hồi có thể chịu mô men, lực cắt và lực dọc trong trụ. Trừ khi mô hình phân tích xét đến hiệu ứng bậc hai trong mỗi phần tử, thì số lượng phần tử dầm tối thiểu phải bằng năm cho mỗi đoạn tiết diện cột và chiều dài lớn nhất của phần tử dầm không được lớn hơn 1,8 m.

**CHÚ THÍCH:** Do sự phức tạp của việc mô hình hóa tấm, vỏ (ví dụ chia phần tử, liên kết giữa các phần tử), kết quả ứng suất của các mô hình này không được nhỏ hơn ứng suất từ kết quả phân tích của mô hình dầm - cột như nêu ở trên.

#### **Cột dây co:**

Mô hình dầm - cột không gian làm việc đàn hồi, trong đó cột được mô hình hóa bằng phần tử dầm - cột không gian được đỡ bởi hệ dây cáp được mô hình hóa bằng gối đàn hồi phi tuyến hoặc phần tử cáp.

Mô hình giàn không gian làm việc đàn hồi trong đó mỗi cấu kiện của cột được mô hình hóa bằng phần tử thanh khớp hai đầu để chỉ chịu lực dọc. Dây co được mô hình hóa bằng phần tử cáp.

Mô hình khung - giàn không gian làm việc đàn hồi, trong đó các cấu kiện liên tục (ví dụ như: chân cột) được mô hình bằng phần tử dầm không gian (chịu cả mô men và lực dọc), các cấu kiện còn lại chủ yếu chịu tải trọng dọc trực được mô hình hóa bằng phần tử thanh không gian khớp hai đầu. Dây co được mô hình hóa bằng phần tử cáp.

### 7.2.1 Tác dụng của gió lên kết cấu hệ thanh

Lực gió tính toán theo phương ngang,  $F_{ST}$ , được chia đều cho mỗi nút thanh cánh của tiết diện ngang đặt tại các điểm nút của mô hình giàn hoặc khung-giàn không gian.

Lực gió tính toán theo phương ngang lên thiết bị gắn thêm  $F_A$ , được chắt lên các nút tùy theo vị trí của thiết bị gắn thêm (tức xét đến lực ngang và mô men xoắn).

Ảnh hưởng uốn cục bộ cần được xem xét đối với cấu kiện kết cấu đỡ thiết bị gắn thêm tại vị trí giữa của cấu kiện. Đối với cấu kiện giằng chính, ảnh hưởng uốn cục bộ cần được xét đến khi chịu tải trọng gió vuông góc với mặt phẳng giằng nhưng không xét đến lực dọc trong cấu kiện.

CHÚ THÍCH: Trọng lượng bản thân và lực động đất được phân phối theo cách tương tự.

### 7.3 Ảnh hưởng của chuyển vị

Trừ các quy định dưới đây, việc phân tích kết cấu tổng thể phải xét ảnh hưởng của chuyển vị đến nội lực trong cấu kiện (hiệu ứng P- $\Delta$ ). Đối với kết cấu dây co, ảnh hưởng của chuyển vị ở các nút dây cũng như ảnh hưởng của chuyển vị giữa các nút dây phải được xét đến. Đối với mô hình phần tử hữu hạn dầm – cột, trừ phi đã xét đến ảnh hưởng của hiệu ứng bậc hai trong mỗi phần tử, thì số lượng phần tử dầm giữa hai mức dây co không được nhỏ hơn 5. Không cần xét đến hiệu ứng P- $\Delta$  đối với tháp rồng tự đứng ở chiều cao nhỏ hơn 137 m có tỷ số giữa chiều cao và bề rộng mặt,  $h_i/f_{wi}$ , nhỏ hơn 10 như thể hiện ở Hình 14.

### 7.4 Sơ đồ tải trọng gió

Để kể đến hiệu ứng động của gió giật, các sơ đồ tải trọng gió sau phải được sử dụng cho trạng thái giới hạn về độ bền (xem Hình 15 và 16).

#### 7.4.1 Tháp rồng tự đứng

Khi đỉnh của tháp rồng tự đứng được tạo bởi thanh chính nằm trong chiều cao của tháp (xem Hình 15), các dạng phân bố áp lực gió sau phải được khảo sát cho tổ hợp tải trọng (1) (quy định trong 6.3) như sau:

Áp lực gió trung bình được xác định bằng tích của áp lực gió ( $q_z$ , xem 6.6.5.6) với hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình  $m$ , xem

Bảng 14.

- (a) Áp lực gió toàn phần tác dụng lên toàn bộ chiều cao của kết cấu.

(b) Áp lực gió toàn phần tác dụng phía dưới điểm chóp và áp lực gió trung bình tác dụng phía trên điểm chóp.

(c) Áp lực gió toàn phần tác dụng phía trên điểm chóp và áp lực gió trung bình tác dụng phía dưới điểm chóp.

Áp lực gió trung bình được xác định bằng tích của áp lực gió ( $q_z$ , xem 6.6.5.6) với hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình  $m$ , xem

#### Bảng 14.

Các sơ đồ tải trọng trên được áp dụng cho mỗi điểm chóp của tháp khi độ lệch của các đoạn chân tháp chênh lệch hơn 1 độ. Tất cả tổ hợp của các sơ đồ tải trọng gió phải được xét đến để xác định các tác động lớn nhất của tải trọng.

### 7.4.2 Cột dây co

Đối với cột dây co có từ 3 nhịp trở lên với ít nhất một nhịp dài hơn 24 m trong phạm vi một phần ba chiều cao tháp ở vị trí đỉnh, thì cần xét đến các sơ đồ tải trọng gió (xem Hình 16) trong tổ hợp tải trọng (1) như quy định tại 6.3 với áp lực gió thay đổi như sau:

Áp lực gió toàn phần tác dụng lên toàn bộ chiều cao của kết cấu. Đối với cột có chiều cao lớn hơn 137 m, không cần xét đến trường hợp này khi các sơ đồ phân bố áp lực gió đã được xem xét.

Áp lực gió trung bình tác dụng vào nhịp trên cùng và áp lực gió toàn phần tác dụng vào các nhịp còn lại.

Áp lực gió trung bình tác dụng vào nhịp thứ hai tính từ đỉnh và áp lực gió toàn phần tác dụng vào các nhịp còn lại.

Áp lực gió trung bình tác dụng vào nhịp thứ ba tính từ đỉnh và áp lực gió toàn phần tác dụng vào các nhịp còn lại.

Áp lực gió trung bình được xác định bằng tích của áp lực gió ( $q_z$ , xem 6.6.5.6) với hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình  $m$ , xem

Bảng 14. Áp lực gió toàn phần tác dụng lên dây co trong toàn bộ các sơ đồ tải.

#### CHÚ THÍCH:

1. Đối với trụ có công xôn (ví dụ kết cấu ăng ten truyền thanh, trụ, hoặc bản thân trụ) thì đoạn công xôn được xem là nhịp trên cùng.
2. Đối với trụ mà tổng chiều dài của ba nhịp trên cùng nhỏ hơn một phần ba chiều cao của kết cấu,



thì các sơ đồ tải trọng gió nêu trên sẽ được lặp lại cho các nhịp tiếp theo cho đến khi tổng chiều dài đến nhịp đang xét lớn hơn một phần ba chiều cao của kết cấu (xem Hình 16).

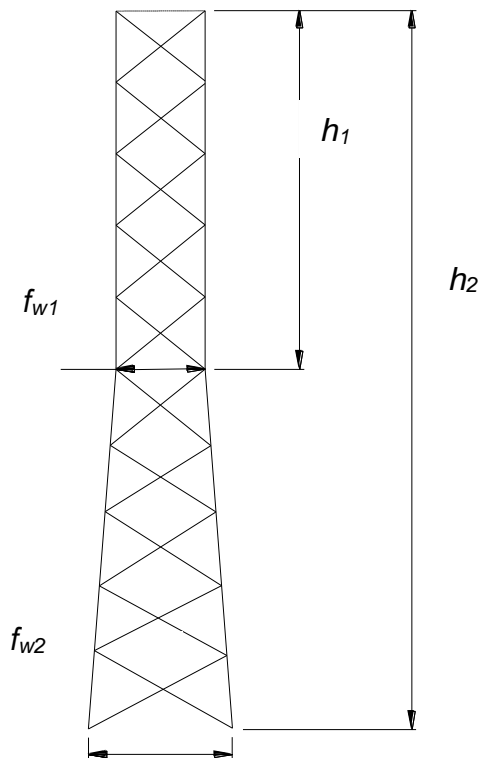
3. Khi khoảng cách giữa hai mức cao độ dây co nhỏ hơn 03 lần chiều rộng mặt lớn hơn giữa các cao độ dây, thì sơ đồ áp lực gió cần kéo dài đến điểm giữa của hai cao độ dây co. Với nhịp ngắn, không cần phải xét đến như là một nhịp độc lập.

### 7.5 Ứng xử cắt và xoắn trong cột dây co

Đối với tất cả trụ rỗng, lực cắt trong mặt trụ tại nhịp không phải là công xôn do lực cắt và mô men xoắn trong trụ không được nhỏ hơn 40 % giá trị tuyệt đối lớn nhất của lực cắt trong nhịp. Đối với trụ ống, lực cắt trong trụ tại nhịp không phải là công xôn không được nhỏ hơn 40 % giá trị tuyệt đối lớn nhất của lực cắt trong nhịp.

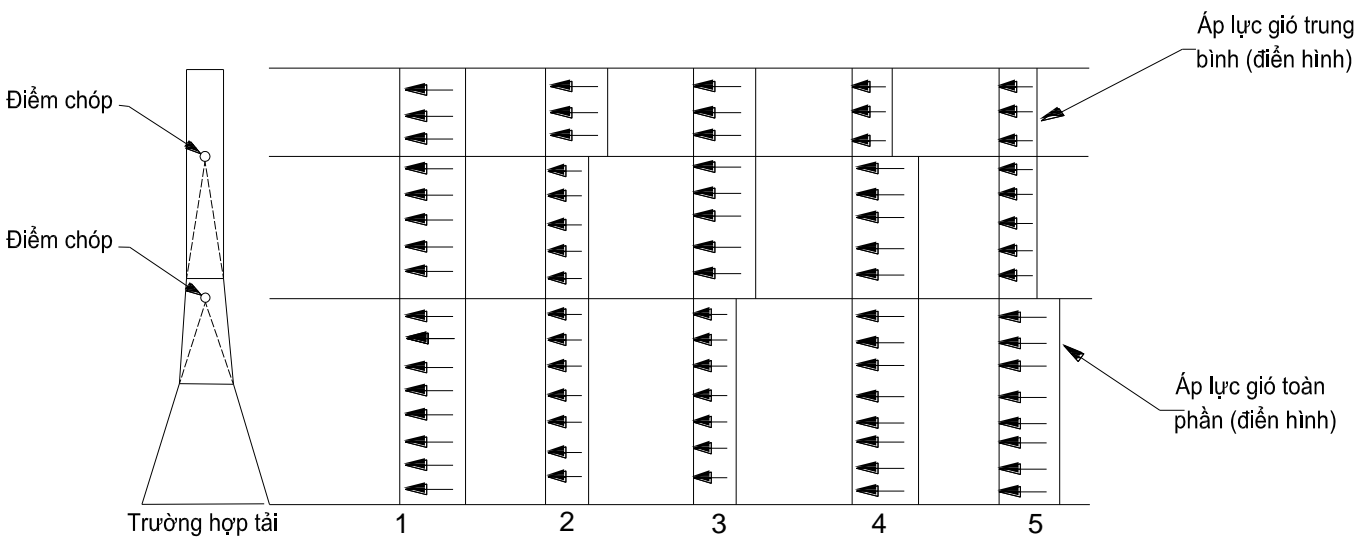
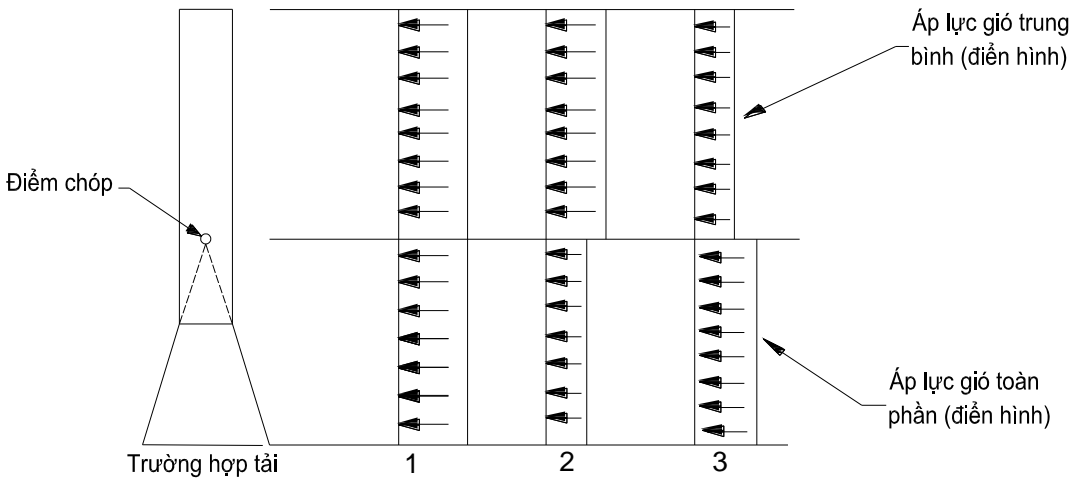
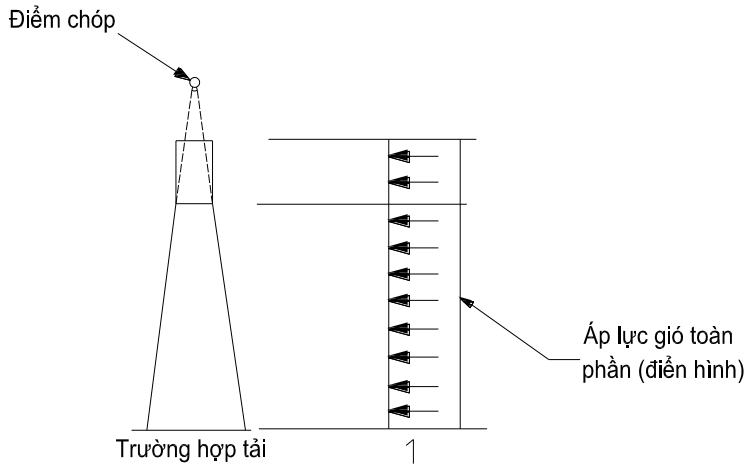
**Bảng 14 - Hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình**

Dạng địa hình	Hệ số chuyển đổi áp lực gió trung bình (m)
C	0,55
B	0,60
A	0,65

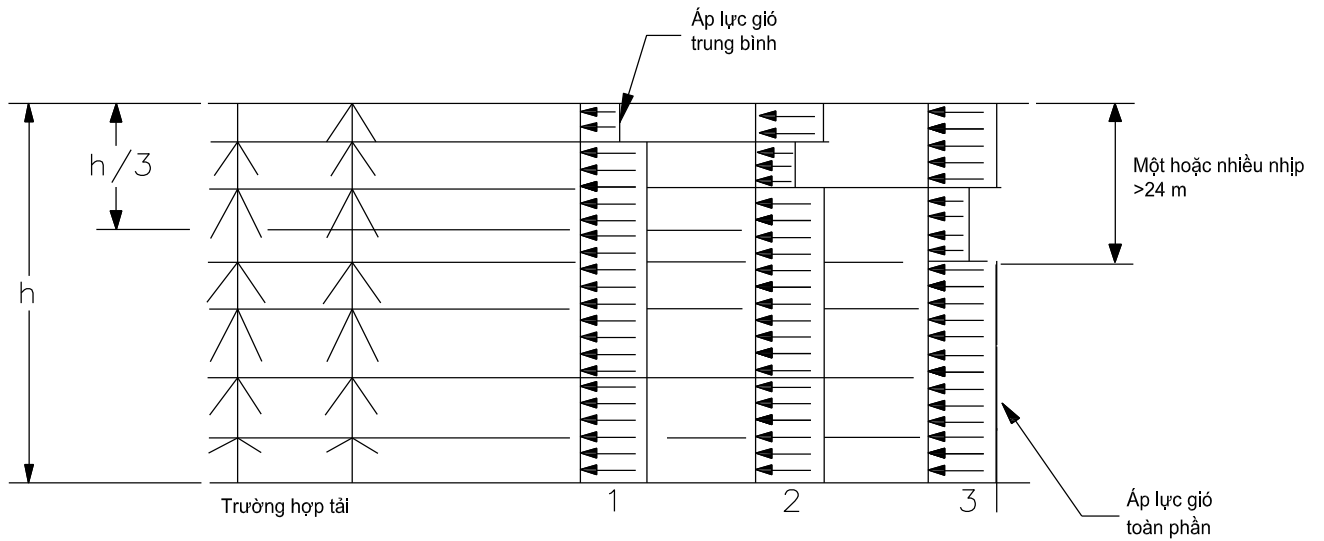


CHÚ THÍCH:  $\max\left(\frac{\text{chiều cao}}{\text{be rộng}}\right) = \max\left(\frac{h_1}{f_{w1}}, \frac{h_2}{f_{w2}}\right)$

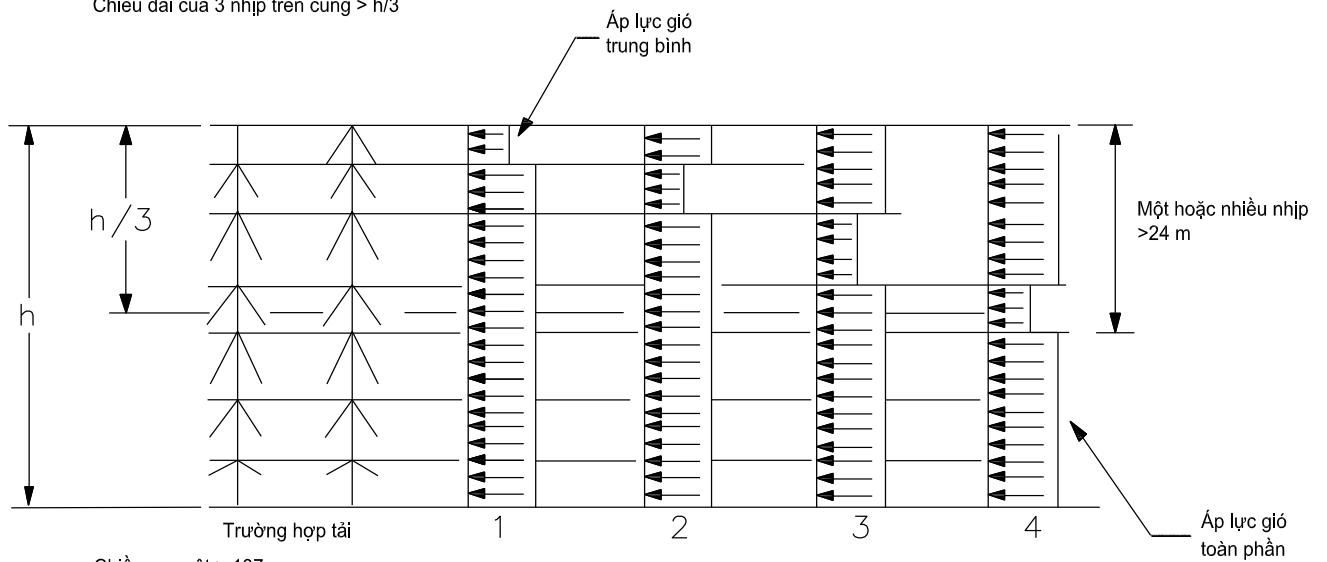
**Hình 14 - Tỷ số giữa chiều cao và bề rộng**



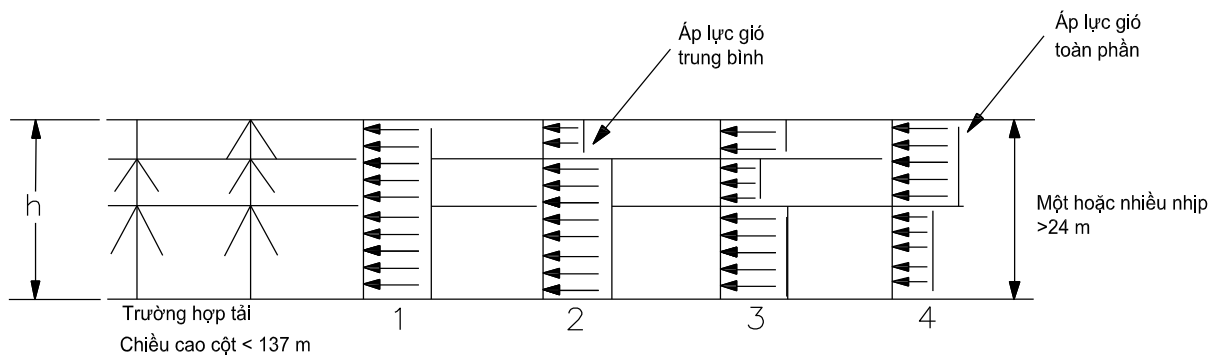
**Hình 15 - Sơ đồ tải trọng gió cho tháp tự đứng**



Chiều cao cột > 137 m  
 Chiều dài của 3 nhịp trên cùng >  $h/3$



Chiều cao cột > 137 m  
 Chiều dài của 3 nhịp trên cùng <  $h/3$



**Hình 16 - Sơ đồ tải trọng gió cho cột dây co**

## 8. Khả năng chịu lực tính toán của kết cấu thép

### 8.1 Phạm vi

Mục này quy định khả năng chịu lực của kết cấu thép góc, thép tròn đặc và thép ống sử dụng cho các tháp rỗng, trụ và cột dây co. Các điều khoản dưới đây được dựa trên cơ sở của AISC-LRFD-99 [37]. Khi các yêu cầu trong AISC-LRFD-99 [37] khác với hướng dẫn này thì cần tuân thủ hướng dẫn này. Nếu sử dụng các kết cấu khác hoặc có hình dạng tiết diện thanh khác thì cần áp dụng các yêu cầu của AISC-LRFD-99 [37].

CHÚ THÍCH: Có thể xem xét sử dụng TCVN 5575: 2012 để xác định, kiểm tra khả năng chịu lực thay thế AISC-LRFD-99 [37].

Kết cấu thép thanh dẹt nguội không thuộc phạm vi hướng dẫn này.

### 8.2 Tổng quát

#### 8.2.1 Khả năng chịu lực nhỏ nhất của giằng

Để xem xét độ giảm chiều dài không giằng của cấu kiện đỡ tại một điểm nút, cấu kiện phụ hoặc giằng có khả năng chịu lực nhỏ nhất  $P_s$ , vuông góc với cấu kiện đỡ (theo cả hai phương) trong mặt phẳng mặt ổn định đang xét, được xác định như sau:

$$P_s = \left[ 1,5 + \frac{\frac{KL}{r} - 60}{60} \right] \frac{F_s}{100} \quad (47)$$

$$1,5 \frac{F_s}{100} \leq P_s \leq 2,5 \frac{F_s}{100} \quad (48)$$

trong đó:

$F_s$  là lực nén dọc trục thiết kế của cấu kiện đỡ;

$\frac{KL}{r}$  là hệ số độ mảnh hiệu dụng của cấu kiện đỡ trong mặt phẳng mặt ổn định đang xét.

Khả năng chịu lực yêu cầu đối với cấu kiện thanh cánh tại điểm nút trong mặt phẳng của tháp,  $P_r$ , được xác định theo Bảng 15.

Khả năng chịu lực nhỏ nhất yêu cầu của nhiều cấu kiện nối tại một điểm nút trong một mặt phẳng được xác định theo Bảng 16.

Cấu kiện phụ xiên mà được nối với một đầu của cấu kiện phụ ngang sẽ có cường độ thiết kế nhỏ nhất bằng một nửa cường độ thiết kế yêu cầu của cấu kiện phụ ngang chia cho cosin của góc giữa

các cấu kiện đó (xem Bảng 16) trừ khi có phân tích chính xác hơn.

CHÚ THÍCH: Khả năng chịu lực nhỏ nhất,  $P_s$ , không cần phải được xem xét cùng với bất kỳ tổ hợp tải trọng nào.

### 8.2.2 Độ mảnh

Độ mảnh,  $\frac{L}{r}$ , không được vượt quá các giá trị sau:

150 đối với cấu kiện thanh cánh;

200 đối với cấu kiện chính chịu nén khác (không phải thanh cánh);

250 đối với cấu kiện phụ;

300 đối với cấu kiện chịu kéo, ngoại trừ đối với thanh giằng tròn và cáp.

### 8.2.3 Cường độ chảy và cường độ chịu kéo cực hạn

Khi thiết kế, giá trị danh nghĩa nhỏ nhất của cường độ chảy và cường độ chịu kéo cực hạn (của loại thép đang dùng) phải được sử dụng.

### 8.2.4 Độ lệch tâm vuông góc khung

#### 8.2.4.1 Cấu kiện thanh cánh

Độ lệch tâm sẽ được xem xét trừ khi thỏa mãn các điều kiện sau:

Đối với cấu kiện thanh cánh mặt cắt tròn đặc và ống, đường mà tải trọng tác dụng của các cấu kiện giằng gặp nhau tại một điểm nằm trong phạm vi đường kính của thanh cánh.

Đối với cấu kiện thanh cánh góc, đường mà tải trọng tác dụng của các cấu kiện thanh giằng gặp nhau tại một điểm nằm trong phạm vi bằng 75 % bề rộng thanh góc,  $b$ , về phía mỗi phía của tim của tiết diện thép góc.

Đối với cấu kiện thanh cánh tổ hợp, đường mà tải trọng tác dụng của các cấu kiện thanh giằng gặp nhau tại một điểm nằm trong phạm vi mặt cắt ngang của tiết diện thanh cánh tổ hợp.

#### 8.2.4.2 Cấu kiện thanh giằng

Các công thức độ mảnh hiệu dụng trong 8.3.2 có kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm tải trọng dọc trục đối với các thanh thép góc liên kết bởi một cánh với độ lệch vuông góc khung. Độ lệch vuông góc khung được định nghĩa là khi tâm của nhóm bu lông hoặc hàn nằm giữa đỉnh của thép góc và đường tim của cánh liên kết. Khi độ lệch tâm của nút vượt quá điều kiện này, cường độ cấu kiện thanh giằng được

nhân với hệ số  $b/(2g)$ , trong đó  $b$  là bề rộng của cánh được liên kết và  $g$  là khoảng cách giữa đỉnh thép góc và tim của liên kết. Khi bề rộng của cánh liên kết nhỏ hơn hoặc bằng 76 mm, hoặc khi độ mảnh,  $L/r > 120$ , thì không áp dụng hệ số giảm.

Đối với tiết diện ống hoặc các tiết diện khác, có cùng độ lệch tâm liên kết thép góc, thì sử dụng các công thức trong 8.3.2 để xác định độ mảnh hiệu dụng.

### **8.3 Cấu kiện chịu nén**

#### **8.3.1 Cấu kiện thanh cánh**

Độ mảnh hiệu dụng,  $KL/r$ , đối với cấu kiện thanh cánh được cho trong Bảng 17. Hệ số chiều dài hiệu dụng nhỏ nhất,  $K$ , lấy bằng 1,0 đối với kết cấu không gian rỗng.

#### **8.3.2 Cấu kiện thanh giằng**

Độ mảnh hiệu dụng,  $KL/r$ , đối với kết cấu thanh giằng được xác định kèm theo xem xét điều kiện chịu tải, bố trí giằng, điều kiện liên kết hai đầu và độ lệch tâm khung. Độ mảnh hiệu dụng,  $KL/r$ , được xác định theo

Bảng 18, ngoại trừ cấu kiện tiết diện tròn hàn trực tiếp với cấu kiện thanh cánh mà hệ số chiều dài hiệu dụng,  $K$ , xác định theo Bảng 19. Chiều dài hiệu dụng và độ mảnh đối với các dạng bố trí thanh cánh thông dụng được cho trong Bảng 20 và Bảng 21. Chiều dài hiệu dụng,  $L$ , là khoảng cách giữa các tim của liên kết hai đầu.

Liên kết một bu lông không được xem là có khả năng kháng xoay một phần. Liên kết nhiều bu lông hoặc hàn được coi là xoay một phần, nếu liên kết đó là với một cấu kiện có khả năng chống xoay tại liên kết.

Liên kết nhiều bu lông và hàn làm từ một bản mã mà không liên kết trực tiếp với cấu kiện chống biến dạng (nghĩa là cấu kiện thanh cánh) không được xem là chống biến dạng một phần ngoài mặt phẳng.

### 8.3.2.1 Giằng chữ thập

Điểm giao liên kết thì được dùng để chống mất ổn định ngoài mặt phẳng khi thỏa mãn một trong số các điều kiện sau:

(a) Một thanh giằng chéo là liên tục và lực trong thanh chịu kéo bằng tối thiểu 20 % lực trong thanh chịu nén.

(b) Có hệ giằng tạo hình tam giác ngang (Hình 18) tại các giao điểm với sức kháng thỏa mãn 8.2.1.

(c) Có một cấu kiện ngang liên tục liên kết tại điểm giao, thỏa mãn điều kiện sau:

(i) Cấu kiện ngang liên tục đó có đủ cường độ tạo sức kháng cho cánh như định nghĩa ở 8.2.1.

(ii) Cường độ của cấu kiện ngang đó được tính toán mà không cần xét tới khả năng chống mất ổn định ngoài mặt phẳng của hệ giằng chéo.

Ngoài những điều kiện trên, điểm giao sẽ không được xem là có khả năng chống mất ổn định ngoài mặt phẳng (Xem Bảng 20).

Khi không có thanh giằng chéo liên tục đi qua điểm giao, các điều kiện sau cần được thỏa mãn:

(d) Có hệ giằng tạo hình tam giác ngang đủ sức kháng như 8.2.1 đi qua điểm giao.

(e) Có một thanh ngang liên tục đủ cường độ như mục (c) ở trên đi qua điểm giao.

### 8.3.2.2 Giằng K hoặc giằng dạng khung

Hệ giằng tạo hình tam giác cần được bố trí tại đỉnh giằng với đủ sức kháng như 8.2.1 khi cấu kiện ngang không phải là cấu kiện liên tục.

Khi hệ giằng tạo hình tam giác không được bố trí với một cấu kiện liên tục, chiều dài không giằng ngoài mặt phẳng của cấu kiện ngang sẽ được tính bằng 0,75 tổng chiều dài cấu kiện. Cấu kiện ngang cần có đủ cường độ để đảm bảo cường độ cho các thanh cánh như 8.2.1 sử dụng tổng chiều dài của cấu kiện ngang (xem Bảng 21).

### 8.3.2.3 Giằng K gãy hoặc giằng khung gãy

Hệ giằng bụng có tạo hình tam giác, với đủ sức kháng như 8.2.1, cần được bố trí tại điểm gãy chính. (xem Hình 17).

### 8.3.3 Cấu kiện tổ hợp

Các thành phần của cấu kiện tổ hợp cấu thành từ hai thanh thép hình trở lên được nối với nhau tại nhiều vị trí,  $a_i$ , sao cho độ mảnh lớn nhất ( $a_i/r_i$ ) của mỗi thanh thép hình giữa hai điểm nối không vượt quá 100% độ mảnh hiệu dụng của cấu kiện tổ hợp.

Tối thiểu có 2 bu lông được sử dụng tại mỗi điểm nối khi bề rộng liên kết (nghĩa là bề rộng cánh liên kết của một thanh góc kép) của một cấu kiện chịu nén lớn hơn 100 mm.

Với dạng mắt ổn định liên quan tới biến dạng sinh ra lực cắt trong liên kết (ví dụ mắt ổn định đối với trục song song với các cánh úp lưng của thép góc kép), độ mảnh hiệu dụng được điều chỉnh như sau:

Liên kết hai đầu là hàn hoặc bu lông kéo toàn phần (70 % cường độ tới hạn của bu lông), hoặc với số bu lông lớn hơn hoặc bằng 2:

Với liên kết bu lông:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a_i}{r_i}\right)^2} \quad (49)$$

Với liên kết hàn hoặc bu lông xiết chặt theo AISC-LRFD-99 [37]:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{R}\right)_o^2 + 0,82 \frac{\alpha_i^2}{1 + \alpha_i^2} \left(\frac{a_i}{r_{ib}}\right)^2} \quad (50)$$

trong đó:



$\left(\frac{KL}{R}\right)_0$  là độ mảnh hiệu dụng của cấu kiện tổ hợp;

$\left(\frac{KL}{R}\right)_m$  là độ mảnh hiệu dụng điều chỉnh của cấu kiện tổ hợp;

$\frac{a_i}{r_{ib}}$  là độ mảnh của mỗi cấu kiện độc lập;

$\frac{a_i}{r_i}$  là độ mảnh lớn nhất của mỗi cấu kiện độc lập;

$r_i$  là bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện cấu kiện thành phần trong kết cấu tổ hợp;

$r_{ib}$  là bán kính quán tính của cấu kiện thành phần đối với trục của nó, mà song song với trục mất ổn định của kết cấu tổ hợp đang xét;

$a_i$  là khoảng cách giữa các liên kết;

$\alpha_i$  là tỉ số chia tách bằng  $h/2r_{ib}$ ;

$h$  là khoảng cách giữa tim các cấu kiện thành phần vuông góc với trục mất ổn định đang xét của kết cấu tổ hợp

Liên kết hai đầu sử dụng 1 bu lông:

$$\left(\frac{KL}{r}\right) = L / r_{ib} \quad (51)$$

Khi thanh nối được sử dụng để liên kết cấu kiện tổ hợp chịu nén cấu thành bởi hai hoặc nhiều hơn thành phần, các thanh nối sẽ được bố trí tạo hình tam giác và trên suốt chiều dài cấu kiện. Cấu kiện tổ hợp chịu nén mà không có thanh nối tạo hình tam giác sẽ được mô hình hóa như giàn Vierendeel có xét tới tổ hợp của mô men và lực dọc theo 8.6. Cường độ thiết kế của hệ giằng cần đảm bảo cung cấp sức kháng  $P_s$ , như yêu cầu trong 8.2.1.

### 8.3.4 Khả năng chịu lực nén tính toán

#### 8.3.4.1 Cường độ tính toán

Đối với cấu kiện thép góc  $60^\circ$  và  $90^\circ$ , cường độ tính toán cho nén dọc trục,  $F'_y$ , được xác định như sau:

$$\text{Khi } w/t < 0,47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} : F'_y = F_y \quad (52)$$

$$\text{Khi } 0,47\sqrt{\frac{E}{F_y}} < w/t < 0,85\sqrt{\frac{E}{F_y}} : F_y = \left[ 1,667 - 0,667 \left( \frac{w/t}{0,47\sqrt{E/F_y}} \right) \right] F_y \quad (53)$$

$$\text{Khi } 0,85\sqrt{\frac{E}{F_y}} < w/t < 25 : F_y = 0,0332\pi^2 E / (w/t)^2 \quad (54)$$

Tỉ số bề rộng trên chiều dày,  $w/t$ , không được vượt quá 25 đối với thanh thép góc (Hình 19).

Với cấu kiện tròn đặc, cường độ tính toán,  $F'_y$  bằng với  $F_y$ .

Với cấu kiện thép ống, tỉ số đường kính trên chiều dày ( $D/t$ ) không vượt quá 400. Cường độ tính toán,  $F'_y$  được xác định như sau:

$$\text{Khi } D/t \leq 0,114\frac{E}{F_y} : F'_y = F_y \quad (55)$$

$$\text{Khi } 0,114\frac{E}{F_y} < D/t \leq 0,448\frac{E}{F_y} : F'_y = \left( \frac{0,0379E}{(D/t)F_y} + \frac{2}{3} \right) F_y \quad (56)$$

$$\text{Khi } 0,448\frac{E}{F_y} < D/t < 400 : F'_y = \frac{0,337E}{(D/t)} \quad (57)$$

trong đó:

$D$  là đường kính ngoài của cấu kiện thép ống;

$t$  là chiều dày thành ống;

$E$  là mô đun đàn hồi của thép ống.

Với cấu kiện mặt cắt hình hộp đa giác, tỉ số bề rộng trên chiều dày lớn nhất,  $w/t$  và cường độ tính toán,  $F'_y$  được xác định theo Bảng 22.

Với các mặt cắt có hình dạng khác, cường độ tính toán,  $F'_y$  được xác định theo AISC LRFD-99 [37], chương B.

### 8.3.4.2 Khả năng chịu lực nén tính toán

Khả năng chịu lực nén tính toán được tính bằng  $\phi_c P_n$ .

trong đó:

$$\phi_c = 0,85 \quad (58)$$

$$P_n = A_g F_{cr} \quad (59)$$

$$\text{Khi } \lambda_c \leq 1,5 \text{ thì } F_{cr} = 0,658^{\lambda_c^2} F_y \quad (60)$$

$$\text{Khi } \lambda_c > 1,5 \text{ thì } F_{cr} = \frac{0,877}{\lambda_c^2} F_y \quad (61)$$

trong đó:

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (62)$$

$A_g$  là diện tích tổng của cấu kiện, (mm<sup>2</sup>);

$F_y$  là cường độ tính toán, (MPa);

$E$  là mô đun đàn hồi, (MPa);

$K$  là hệ số chiều dài hiệu dụng;

$L$  là chiều dài không giằng theo phương ngang của cấu kiện, (mm);

$r$  là bán kính quán tính đối với trục mất ổn định (mm).

Phần E3 của AISC LRFD-99 [37] đối với mất ổn định uốn xoắn không cần áp dụng cho cấu kiện thép góc đơn hoặc kép có tiết diện 60° hoặc 90°.

## 8.4 Cấu kiện chịu kéo

### 8.4.1 Cấu kiện tổ hợp

Khoảng cách liên kết dọc của cấu kiện tổ hợp từ hai thành phần trở lên sẽ giới hạn độ mảnh của mỗi thành phần (giữa các liên kết) ở mức 300.

### 8.4.2 Cấu kiện giằng chỉ chịu kéo

Bản mã hàn đầu thanh giằng chỉ chịu kéo cần được thiết kế để đảm bảo cường độ thiết kế của cấu kiện dựa trên sự chảy dẻo của tiết diện cấu kiện. Cấu kiện được thiết kế sao cho ở trạng thái chịu kéo khi lắp đặt.

### 8.4.3 Khả năng chịu lực kéo tính toán

Khả năng chịu lực kéo tính toán,  $\phi P_n$ , của cấu kiện được lấy thấp hơn trong các giá trị: chảy dẻo của mặt cắt tiết diện, phá hoại của tiết diện thực hiệu dụng hoặc phá hoại cắt nhóm.

Với chảy dẻo do kéo của tiết diện nguyên:

$\phi_t = 0,85$  đối với thanh neo dây co

$\phi_t = 0,9$  đối với các cấu kiện khác

$$P_n = A_g F_y \quad (63)$$

Với phá hoại của tiết diện thực hiệu dụng:

$\phi_t = 0,65$  đối với thanh neo dây co.

$\phi_t = 0,75$  đối với các cấu kiện khác.

$$P_n = A_{en} F_u \quad (64)$$

Với phá hoại do cắt nhóm

$\phi_t = 0,65$  đối với thanh neo dây co.

$\phi_t = 0,75$  đối với các cấu kiện khác.

$$\text{Khi } A_{nt} F_u \geq 0,6 A_{nv} F_u: \quad P_n = 0,6 A_{gv} F_y + A_{nt} F_u \leq 0,6 A_{nv} F_u + A_{nt} F_u \quad (65)$$

$$\text{Khi } A_{nt} F_u < 0,6 A_{nv} F_u: \quad P_n = 0,6 A_{nv} F_u + A_{gt} F_y \leq 0,6 A_{nv} F_u + A_{nt} F_u \quad (66)$$

trong đó:

$F_u$  là cường độ tiêu chuẩn của thép theo sức bền kéo đứt;

$A_g$  là diện tích tiết diện nguyên;

$A_{en}$  là diện tích tiết diện thực hiệu dụng;

$A_{gv}$  là diện tích tiết diện nguyên chịu cắt;

$A_{gt}$  là diện tích tiết diện nguyên chịu kéo;

$A_{nv}$  là diện tích tiết diện thực chịu cắt;

$A_{nt}$  là diện tích tiết diện thực chịu kéo.

#### 8.4.3.1 Diện tích thực

Diện tích thực của cấu kiện,  $A_n$ , được tính bằng tổng của các tích giữa chiều dày với bề rộng thực của mỗi phần cấu kiện, cụ thể như sau:

Khi tính toán diện tích thực của một mặt cắt, bề rộng của lỗ bu lông được lấy lớn hơn kích thước danh nghĩa của lỗ 2 mm.

Với một dãy bu lông xếp thành đường chéo hoặc díc dắc trên một phần cấu kiện, bề rộng thực của phần cấu kiện đó,  $W_n$ , sẽ được tính bằng bề rộng nguyên trừ đi tổng đường kính các lỗ trong dãy, và cộng thêm với mỗi khoảng giữa hai bu lông một lượng  $s^2/4g$ :

$$A_n = W_n t + s^2 t / (4g) \quad (67)$$

trong đó:

$t$  là chiều dày của cấu kiện bộ phận liên kết quan trọng;

$s$  là khoảng cách giữa hai hàng bu lông gần nhau, dọc theo phương của lực;

$g$  là khoảng cách giữa hai hàng bu lông gần nhau, vuông góc với phương của lực.

#### 8.4.3.2 Diện tích thực hiệu dụng

Khi lực kéo truyền trực tiếp tới mỗi tiết diện thành phần của cấu kiện thông qua bu lông hoặc đường hàn, diện tích thực hiệu dụng,  $A_{en}$ , tính bằng với diện tích thực  $A_n$ .

Khi lực kéo được truyền bởi bu lông hoặc đường hàn thông qua một số, nhưng không phải tất cả, các thành phần của cấu kiện, diện tích thực hiệu dụng bao gồm cả hiệu ứng trễ cắt, được tính theo công thức:

$$A_{en} = AU \quad (68)$$

trong đó:

$A$  là bằng  $A_n$  với cấu kiện bu lông, và  $A_g$  với cấu kiện hàn;

$$U = 1 - x/L_c \text{ và } 0,75 \leq U \leq 0,9; \quad (69)$$

$x$  là độ lệch tâm liên kết (khoảng cách từ mặt ngoài của cấu kiện liên kết tới tim cấu kiện);

$L_c$  là chiều dài liên kết theo phương tác dụng lực (từ tim tới tim các lỗ phía ngoài hoặc chiều dài đường hàn theo hướng lực tác dụng).

CHÚ THÍCH:

1. Với cấu kiện bu lông đơn  $U$  lấy bằng 0,75.
2. Thay vì đó, khi cánh không liên kết của cấu kiện được bỏ qua trong tính toán  $A_n$ ,  $U$  không cần thiết phải lấy nhỏ hơn 1,0.

#### 8.5 Cấu kiện chịu uốn

Khả năng chịu lực uốn tính toán được tính bằng  $\phi_t M_n$ .

trong đó:

$$\phi_f = 0,9;$$

$M_n$  là khả năng chịu lực uốn danh nghĩa.

CHÚ THÍCH: Cấu kiện giằng được liên kết với độ lệch tâm vuông góc khung định nghĩa như 8.2.4.2 không xem là cấu kiện chịu uốn.

### 8.5.1 Cấu kiện tròn đặc

Với cấu kiện tròn đặc,  $M_n$  được tính theo công thức:

$$M_n = F_y Z \quad (70)$$

trong đó:

$F'_y$  là cường độ tính toán xác định theo 8.3.4.1;

$Z$  là mô đun kháng uốn dẻo.

### 8.5.2 Cấu kiện ống tròn

Với cấu kiện ống tròn, tỉ số đường kính trên chiều dày ( $D/t$ ) không vượt quá 400.  $M_n$  được tính theo công thức:

$$\text{Khi } D/t \leq 0,0714 \frac{E}{F_y}: M_n = F_y Z \quad (71)$$

$$\text{Khi } 0,0714 \frac{E}{F_y} < D/t \leq 0,309 \frac{E}{F_y}: M_n = \left( \frac{0,0207E}{(D/t)F_y} + 1 \right) F_y S \quad (72)$$

$$\text{Khi } 0,309 \frac{E}{F_y} < D/t < 400: M_n = \frac{0,33E}{(D/t)} S \quad (73)$$

trong đó:

$D$  là đường kính ngoài của cấu kiện thép ống;

$t$  là chiều dày thành ống;

$E$  là mô đun đàn hồi, 200 000 MPa;

$S$  là mô đun kháng uốn đàn hồi;

$Z$  là mô đun kháng uốn dẻo.

### 8.5.3 Cấu kiện ống đa giác

Với cấu kiện ống đa giác,  $M_n$  được tính theo công thức:

$$M_n = F_y S \quad (74)$$

trong đó:

$F'_y$  là cường độ tính toán xác định theo 8.3.4.1;

$S$  là mô đun kháng uốn đàn hồi nhỏ nhất.

### 8.5.4 Cấu kiện thép góc đơn đều cạnh

Với cấu kiện thép góc đơn  $60^\circ$  và  $90^\circ$ , khả năng chịu uốn được xét theo hai trục quán tính chính.

#### 8.5.4.1 Cường độ tính toán hiệu dụng

Cường độ tính toán đối với uốn,  $F'_{yf}$  ứng với mất ổn định cục bộ được tính theo công thức:

$$\text{Khi } b/t < 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} : F_{yf} = 1,5F_y \quad (75)$$

$$\text{Khi } 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < b/t < 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} : F_{yf} = \left[ 1,5 - 0,93 \left( \frac{b/t}{0,54 \sqrt{E/F_y}} - 1,0 \right) \right] F_y \quad (76)$$

$$\text{Khi } b/t > 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} : F_{yf} = 0,72E(b/t)^2 \quad (77)$$

trong đó:

$b$  là bề rộng bản cánh thép góc;

$t$  là chiều dày thép góc;

$E$  là mô đun đàn hồi, bằng 200 000 MPa;

$F_y$  là cường độ chảy của thép, MPa.

Cường độ tính toán,  $F''_y$ , dựa trên sự mất ổn định xoắn ngang, được tính theo công thức:

$$\text{Khi } L_B < L_T : F''_y = \left[ 1,92 - 1,17 \sqrt{N_t} \right] F_y \quad (78)$$

$$\text{Khi } L_B \geq L_T : F''_y = \left[ \frac{0,92}{N_t} - \frac{0,17}{N_t^2} \right] F_y \quad (79)$$

trong đó:

$$N_t = \frac{L_B}{L_T};$$

$L_b$  là chiều dài không giằng ngang;

$$L_T = \frac{Eb^3t}{3F_y I_w};$$

$I_w$  là mô men quán tính đối với trục quán tính chính 1.

Khả năng chịu uốn danh nghĩa được tính theo công thức:

$$M_{rw} = F_{yf} S_w \text{ hoặc } F_y S_w \text{ (lấy giá trị nhỏ hơn)} \quad (80)$$

$$M_{rz} = F_{yf} S_z \quad (81)$$

(khi đầu bản cánh chịu nén do mô men uốn quanh trục quán tính chính 2)

$$M_{rz} = 1,5 F_y S_z \quad (82)$$

(khi đầu bản cánh chịu kéo do mô men uốn quanh trục quán tính chính 2)

trong đó:

$M_{rw}$  là khả năng chịu uốn danh nghĩa đối với trục quán tính chính 1;

$M_{rz}$  là khả năng chịu uốn danh nghĩa đối với trục quán tính chính 2;

$S_z$  là mô đun kháng uốn đàn hồi đối với trục quán tính chính 2;

$S_w$  là mô đun kháng uốn đàn hồi đối với trục quán tính chính 1.

Mô men uốn đối với trục quán tính chính 1 và 2 được tổ hợp theo 8.6.1.2.

### 8.5.5 Các cấu kiện khác

Với các tiết diện có hình dạng khác, khả năng chịu uốn tính toán được xác định theo chương F của AISC-LRFD-99 [37].

CHÚ THÍCH: Có thể sử dụng TCVN 5575:2012 để tính toán, kiểm tra khả năng chịu lực của các cấu kiện khác chịu các tải trọng, tổ hợp tải trọng xác định theo hướng dẫn này.

## 8.6 Chịu lực tổng hợp giữa uốn và tải dọc trục

### 8.6.1 Kết cấu không gian rộng

Mô men uốn cực hạn của mỗi cấu kiện,  $M_u$ , được nhân với hệ số khuếch đại  $B_1$ , xét tới mô men thứ cấp, như sau:

$B_1 = 1,0$  khi hiệu ứng P- $\Delta$  được xem xét hoặc với cấu kiện chịu xoắn

$B_1 = 0,85 / (1 - P_u / P_e)$  với cấu kiện mà liên kết hai đầu bị chặn hoặc liên tục (ví dụ cấu kiện thanh cánh)

$B_1 = 1,0 / (1 - P_u / P_e)$  với cấu kiện mà liên kết hai đầu không bị chặn (ví dụ cấu kiện thanh giằng)



trong đó:

$P_u$  là lực nén dọc trục do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$$P_e = \pi^2 EI (KL)^2;$$

$KL$  là chiều dài không giằng ngang hiệu dụng của cấu kiện theo phương mất ổn định đang xét;

$EI$  là độ cứng uốn theo phương mất ổn định đang xét.

### 8.6.1.1 Cấu kiện tròn đặc và rỗng

Cấu kiện tròn đặc và rỗng chịu lực kết hợp uốn và dọc trục cần thỏa mãn yêu cầu sau:

$$\text{Khi } \frac{P_u}{\phi_a P_n} \geq 0,2 \text{ thì } \left| \frac{8}{9} \left( \frac{P_u}{\phi_a P_n} + \frac{B_1 M_u}{\phi_f M_n} \right) \right| \leq 1,0. \text{ Nhưng } \frac{P_u}{\phi_a P_n} \leq 1 \quad (83)$$

$$\text{Khi } \frac{P_u}{\phi_a P_n} < 0,2 \text{ thì } \left| \frac{P_u}{2\phi_a P_n} + \frac{B_1 M_u}{\phi_f M_n} \right| \leq 1,0 \quad (84)$$

Khi khảo sát độ lệch tâm điểm nối vượt quá độ lệch tâm vuông góc khung như định nghĩa ở 8.2.4, phương trình sau cần được thỏa mãn:

$$\left| \frac{P_u}{\phi_n F_y A} + \frac{M_u}{\phi_f M_n} \right| \leq 1,0 \quad (85)$$

trong đó:

$P_u$  là lực nén dọc trục do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$P_n$  là khả năng chịu lực dọc trục danh nghĩa;

$M_u$  là mô men uốn do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$M_n$  là khả năng chịu lực uốn danh nghĩa;

$\phi_a = 0,85$  là hệ số kháng đối với nén dọc trục;

$\phi_a = 0,9$  là hệ số kháng đối với kéo dọc trục;

$\phi_n = 0,9$  là hệ số kháng đối với chảy dưới tác dụng của ứng suất pháp;

$\phi_f = 0,9$  là hệ số kháng đối với uốn.

### 8.6.1.2 Cấu kiện thép góc đơn đều cạnh

Cấu kiện thép góc đơn chịu tổ hợp lực uốn và dọc trục cần đảm bảo yêu cầu sau:

$$\text{Khi } \frac{P_u}{\phi_a P_n} \geq 0,2 \text{ thì } \frac{8}{9} \left( \left| \frac{P_u}{\phi_a P_n} \right| + \left| \frac{B_1 M_{uw}}{\phi_f M_{rnw}} \right| + \left| \frac{B_1 M_{uz}}{\phi_f M_{rnz}} \right| \right) \leq 1,0 \text{ nhưng } \frac{P_u}{\phi_a P_n} \leq 1 \quad (86)$$

$$\text{Khi } \frac{P_u}{\phi_a P_n} < 0,2 \text{ thì } \left| \frac{P_u}{2\phi_a P_n} \right| + \left| \frac{B_1 M_{uw}}{\phi_f M_{rnw}} \right| + \left| \frac{B_1 M_{uz}}{\phi_f M_{rnz}} \right| \leq 1,0 \quad (87)$$

Khi khảo sát độ lệch tâm điểm nối thấy vượt quá độ lệch tâm vòng góc khung như định nghĩa ở 8.2.4, phương trình sau cần được thỏa mãn:

$$\left| \frac{P_u}{\phi_a F_y A} \right| + \left| \frac{M_{uw}}{\phi_f M_{rnw}} \right| + \left| \frac{M_{uz}}{\phi_f M_{rnz}} \right| \leq 1,0 \quad (88)$$

trong đó:

$P_u$  là lực nén dọc trục do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$P_n$  là khả năng chịu lực dọc danh nghĩa;

$M_{uw}$  là mô men uốn đối với trục quán tính chính 1 do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$M_{uz}$  là mô men uốn đối với trục quán tính chính 2 do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$M_{rnw}$  là khả năng chịu uốn danh nghĩa đối với trục quán tính chính 1;

$M_{rnz}$  là khả năng chịu uốn danh nghĩa đối với trục quán tính chính 2;

$\phi_a = 0,85$  là hệ số kháng đối với nén dọc trục;

$\phi_a = 0,9$  là hệ số kháng đối với kéo dọc trục;

$\phi_n = 0,9$  là hệ số kháng đối với chảy dưới tác dụng của ứng suất pháp;

$\phi_f = 0,9$  là hệ số kháng đối với uốn.

### 8.6.1.3 Các cấu kiện khác

Với các tiết diện có hình dạng khác, lực tổ hợp uốn và dọc trục được khảo sát trong chương H của AISC-LRFD-99 [37].

CHÚ THÍCH: Có thể sử dụng TCVN 5575:2012 để tính toán, kiểm tra khả năng chịu lực của các cấu kiện khác chịu các tải trọng, tổ hợp tải trọng xác định theo hướng dẫn này.

### 8.6.2 Kết cấu trụ ống

Với các trụ ống, phương trình sau cần được thỏa mãn:

$$\left| \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right| + \left| \frac{M_u}{\phi_f M_n} \right| + \left[ \left| \frac{V_u}{\phi_v V_n} \right| + \left| \frac{T_u}{\phi_T T_n} \right| \right]^2 \leq 1,0 \quad (89)$$

Khi  $\frac{T_u}{\phi_T T_n}$  lớn hơn 0,2,  $M_n$  không lớn hơn  $F_y S$ .

trong đó:

$P_u$  là lực nén dọc trục do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$P_n$  là khả năng chịu lực dọc danh nghĩa,  $F_y A$ ;

$F_y$  là cường độ tính toán, xác định theo 8.3.4.1 đối với trụ tròn, hoặc Bảng 22 đối với trụ đa giác;

$M_u$  là mô men uốn do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$M_n$  là khả năng chịu uốn danh nghĩa theo 8.5;

$V_n$  là khả năng chịu cắt danh nghĩa,  $0,5F_y A$ ;

$V_u$  là lực cắt ngang do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$S$  là mô đun kháng uốn đàn hồi nhỏ nhất;

$T_u$  là mô men xoắn do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$T_n$  là khả năng chịu xoắn danh nghĩa,  $F_y J / c$ ;

$J$  là mô men quán tính cực;

$c$  là khoảng cách từ trục trung hòa tới thớ xa nhất;

$\phi_c = 0,85$  là hệ số kháng đối với chịu nén dọc trục;

$\phi_f = 0,9$  là hệ số kháng đối với chịu uốn;

$\phi_T = 0,9$  là hệ số kháng đối với chịu xoắn;

$\phi_v = 0,9$  là hệ số kháng đối với chịu cắt.

## 8.7 Liên kết

### 8.7.1 Bu lông

Bu lông theo ASTM A490 [15], ASTM A325 [12] và tương đương không được sử dụng lại một khi đã được lắp đặt và kéo quá 40 % khả năng chịu lực cực hạn.

Không sử dụng bu lông mạ kẽm nóng (hoặc cơ khí) theo ASTM A490 [15] và bu lông neo ASTM A354 [41] cấp BD.

Với mọi đường kính bu lông ASTM A325 [12], cường độ  $F_{ub} = 818$  MPa được sử dụng cho tính toán cường độ cắt và kéo thiết kế.

### 8.7.2 Đệm ốc

Bu lông sử dụng để liên kết các cấu kiện chịu lực phải được kèm theo một đệm giữ ốc như, khóa ốc, long đen... để tránh xảy ra ốc bị lỏng, trừ trường hợp quy định trong 8.7.3.

### 8.7.3 Bu lông ứng lực trước

Liên kết trượt và liên kết chịu kéo dưới tác động của ngoại lực sinh ra hiệu ứng xé do biến dạng của bản thép liên kết sẽ sử dụng bu lông cường độ cao, kéo tới 70 % cường độ kéo cực hạn của bu lông. Không cần dùng đệm ốc cho bu lông cường độ cao.

**Ngoại lệ:** Đối với liên kết chịu kéo, mà có thể thấy rằng các thanh phần liên kết có đủ độ cứng để giảm lực xé tới mức không còn đáng kể, liên kết này có thể sử dụng bu lông cường độ cao được xiết chặt như với ốc thông thường. Việc xiết ốc được thực hiện bởi cờ lê lực máy hoặc cờ lê vặn tay thông thường.

**CHÚ THÍCH:** Không được bôi trơn hoặc sơn và mạ kẽm cho các mặt tiếp xúc của liên kết trượt không, bề mặt tiếp xúc phải được chuẩn bị theo AISC-LRFD-99 [37] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

### 8.7.4 Khoảng cách các cạnh

Bảng J3.4 trong AISC-LRFD-99 [37] sẽ được áp dụng ngoại trừ tại các cạnh mà khoảng cách cạnh bằng 1,5 lần đường kính bu lông.

Khoảng cách nhỏ nhất của bu lông trên một hàng không được nhỏ hơn 2,7 lần đường kính và nên bằng 3 lần đường kính.

### 8.7.5 Liên kết ép mặt

Bu lông cường độ cao với điều kiện vặn ốc thông thường như 8.7.3 được phép dùng cho liên kết ép mặt. Liên kết ép mặt không được phép dùng với lỗ quá cỡ song song với đường truyền lực, đối với bu lông chủ yếu chịu cắt.

## 8.7.6 Khả năng chịu lực của liên kết

### 8.7.6.1 Khả năng chịu kéo thiết kế

Khả năng chịu kéo tính toán của một bu lông hoặc phần ren được tính bằng  $\phi R_{nt}$  trong đó:

$$R_{nt} = F_{ub} A_n \quad (90)$$

Diện tích thực,  $A_n$ , qua phần ren của bu lông được tính như sau:

$$A_n = \frac{\pi}{4} (d - 0,9382p)^2 \quad (91)$$

trong đó:

$$\phi = 0,75 ;$$

$F_{ub}$  là cường độ kéo nhỏ nhất của bu lông;

$d$  là đường kính danh nghĩa của bu lông;

$p$  là bước ren.

Hoặc cách khác,  $A_n$  có thể được lấy bằng  $0,75A_b$

trong đó:

$A_b$  là diện tích tiết diện danh nghĩa phần không ren của bu lông.

### 8.7.6.2 Khả năng chịu ép mặt thiết kế

Khả năng chịu ép mặt thiết kế tại lỗ bu lông được tính bằng  $\phi R_n$ .

trong đó:

$$\phi = 0,75 ;$$

$$R_n = 1,2L_c t F_u \leq 2,4dt F_u \quad (92)$$

Khi sử dụng lỗ bu lông ô van có chiều vuông góc với đường lực

$$R_n = 1,0L_c t F_u \leq 2,0dt F_u \quad (93)$$

trong đó:

$L_c$  là khoảng thông thủy, theo phương truyền lực, giữa mép lỗ với mép lỗ hoặc với cạnh bản thép (mm);

$F_u$  là cường độ kéo nhỏ nhất của cấu kiện liên kết nguy hiểm nhất;

$d$  là đường kính danh nghĩa của bu lông;

$t$  là chiều dày của cấu kiện liên kết nguy hiểm nhất.

Với các liên kết nhiều bu lông, khả năng chịu ép mặt được tính bằng tổng khả năng chịu ép mặt của mỗi bu lông.

### 8.7.6.3 Khả năng chịu cắt tính toán

Khả năng chịu cắt tính toán của bu lông được tính bằng  $\phi R_{nv}$ .

trong đó:

$$\phi = 0,75$$

Khi ren không thuộc mặt cắt

$$R_{nv} = 0,5F_{ub}A_b \quad (94)$$

Khi ren thuộc mặt cắt

$$R_{nv} = 0,4F_{ub}A_b \quad (95)$$

trong đó:

$F_{ub}$  là cường độ kéo nhỏ nhất của bu lông;

$A_b$  là diện tích tiết diện danh nghĩa phần không ren của bu lông.

Lỗ ô van phải được bố trí vuông góc với đường lực.

### 8.7.6.4 Tổ hợp cắt và kéo

Đối với bu lông chịu tổ hợp lực cắt và kéo, điều kiện sau cần được thỏa mãn:

$$\left( \frac{V_{ub}}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_{ub}}{\phi R_{nt}} \right)^2 \leq 1 \quad (96)$$

trong đó:

$$\phi_p = 0,75;$$

$V_{ub}$  là lực cắt bu lông do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$R_{nv}$  là cường độ cắt danh nghĩa của bu lông;

$T_{ub}$  là lực kéo bu lông do tổ hợp tải trọng cực hạn;

$R_{nt}$  là cường độ kéo danh nghĩa của bu lông.

### 8.7.6.5 Cấu kiện liên kết

Khả năng chịu lực tính toán của cấu kiện liên kết hàn và bu lông,  $\phi_p R_{np}$ , được lấy bằng giá trị nhỏ nhất của trạng thái giới hạn chảy, phá hoại tại tiết diện giảm yếu (do lỗ bu lông) và cắt.

$\phi_p = 0,9$  đối với chảy

$\phi_p = 0,75$  đối với phá hoại tiết diện giảm yếu

$\phi_p = 0,75$  đối với cắt

Với chảy do kéo:

$$R_{np} = F_y A_{gt} \quad (97)$$

Với phá hoại tại tiết diện giảm yếu do kéo:

$$R_{np} = F_u A_{nt} \quad (98)$$

Với chảy do cắt:

$$R_{np} = 0,6 F_y A_{gv} \quad (99)$$

Với phá hoại tại tiết diện giảm yếu do cắt:

$$R_{np} = 0,6 F_u A_{nv} \quad (100)$$

Với phá hoại do cắt nhóm: Xem 8.4.3.

trong đó:

$A_{gt}$  là diện tích tiết diện nguyên chịu kéo;

$A_{gv}$  là diện tích tiết diện nguyên chịu cắt;

$A_{nt}$  là diện tích tiết diện thực chịu kéo;

$A_{nv}$  là diện tích tiết diện thực chịu cắt.

#### CHÚ THÍCH:

1. Tham khảo 8.4.3.1 để xác định diện tích thực.
2. Bề rộng sử dụng để xác định diện tích nguyên và thực của bản mã liên kết không vượt quá bề rộng tại đầu bản mã định nghĩa bằng cách mở rộng lực tác dụng từ điểm bắt sang mỗi phía một góc  $30^\circ$  dọc theo đường truyền lực.
3. Diện tích thực của bản mã liên kết không lớn hơn 85 % diện tích nguyên.

### 8.7.7 Mối nối

Mối nối được thiết kế chịu được lực cắt, kéo, nén lớn nhất tại đó.

Với cấu kiện thanh cánh của cột dây co, trừ khi các yêu cầu bổ sung đối với tải trọng phá hoại dây co nêu trong Phụ lục D được thỏa mãn, mối nối thanh cánh phải có khả năng chịu kéo tính toán nhỏ nhất bằng 33 % lực nén tính toán tại đó hoặc 2 200 kN.

Khi mối nối có độ lệch tâm, phải xem xét tới lực phụ thêm đối với mối nối.

#### 8.7.7.1 Kết cấu rộng dạng hộp

Chiều dài thiết kế của mối nối dạng trượt không nhỏ hơn 1,5 lần bề rộng phía trong của chân đoạn trên mối nối. Với tiết diện đa giác, bề rộng phía trong được đo giữa các cạnh của đa giác.

### 8.7.8 Bản mã nối lắp dựng dây co

Khả năng chịu lực tính toán của bản mã nối,  $\phi P_t$ , được lấy theo giá trị nhỏ nhất của:

Kéo trên diện tích hiệu dụng:

$$\phi = 0,75 \text{ và } P_t = 2t b_{\text{eff}} F_u \quad (101)$$

Cắt trên diện tích hiệu dụng:

$$\phi = 0,75 \text{ và } P_t = 0,6 A_{sf} F_u \quad (102)$$

Ép mặt trên diện tích chịu lực tại chốt:

$$\phi = 0,75 \text{ và } P_t = 1,8 A_g F_y \quad (103)$$

Chảy trên diện tích nguyên:

$$\phi = 0,9 \text{ và } P_t = A_g F_y \quad (104)$$

trong đó:

a là khoảng cách ngắn nhất từ mép lỗ chốt tới mép bản thép được xác định theo phương song song với hướng lực tác dụng;

$A_{pb}$  là diện tích ép mặt;

$$A_{sf} = 2t(a + d/2);$$

$b_{\text{eff}} = 2t + 16$ , (mm), nhưng không lớn hơn khoảng cách thực tế từ mép lỗ đến mép bản thép, đo vuông góc với hướng truyền lực;



$d$  là đường kính chốt;

$t$  là chiều dày bản mã.

Lỗ chốt phải được bố trí nằm giữa các cạnh của cấu kiện theo hướng vuông góc với đường lực. Bề rộng của bản mã phân phía trên lỗ không được nhỏ hơn  $2b_{eff}+d$  và phần kéo dài nhỏ nhất,  $a$ , về phía ngoài điểm cuối phần chịu ép mặt của lỗ song song với trục cấu kiện, không được nhỏ hơn  $1,33b_{eff}$ .

Các góc phía trên lỗ chốt được phép cắt  $45^\circ$  so với trục cấu kiện, miễn sao diện tích thực phía trên lỗ, trong mặt phẳng vuông góc với đường cắt, không nhỏ hơn diện tích yêu cầu phân phía trên lỗ song song với trục cấu kiện.

CHÚ THÍCH: Đường kính lỗ quá cỡ 1 mm theo chỉ định của AISC không áp dụng.

### 8.7.9 Bu lông neo

Với bu lông neo, điều kiện sau cần được thỏa mãn:

$$\left( \frac{P_u + \frac{V_u}{\eta}}{\phi R_{nt}} \right) \leq 1,0 \quad (105)$$

trong đó:

$$\phi = 0,75 ;$$

$P_u$  là lực kéo đối với các chi tiết (a), (b), (c) và giá trị lớn của lực kéo hoặc nén đối với loại (d) như thể hiện trong Hình 20;

$V_u$  là lực cắt (thành phần xoắn và cắt trực tiếp) ứng với  $P_u$ ;

$R_{nt}$  là cường độ kéo danh nghĩa của neo theo 8.7.6.1;

$$\eta = 0,90 \text{ với chi tiết loại (a);}$$

$$\eta = 0,70 \text{ với chi tiết loại (b);}$$

$$\eta = 0,55 \text{ với chi tiết loại (c);}$$

$$\eta = 0,40 \text{ với chi tiết loại (d).}$$

Với chi tiết loại (d), nếu khoảng thông thủy tính từ mặt trên bê tông đến cốt đáy của ốc tạo độ ngang vượt quá 1,5 lần đường kính của neo thì điều kiện sau cần được thỏa mãn:

$$\left| \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right| + \left| \frac{P_u}{\phi R_{nt}} \right| + \left( \frac{M_u}{\phi R_{nm}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (106)$$

trong đó:

$M_u$  là mô men uốn ứng với  $V_u$ ,  $0,65L_{ar}V_u$ ;

$L_{ar}$  là chiều dài từ mặt trên bê tông đến cốt đáy của ốc tạo độ ngang;

$R_{nv}$  là cường độ cắt danh nghĩa của bu lông neo theo 8.7.6.3;

$R_{nm}$  là cường độ uốn danh nghĩa của bu lông neo theo 8.5.1 sử dụng đường kính tại góc để xác định z;

$d_r$  là đường kính tại góc của thanh neo,  $= d - 0,9743/n$ ;

$d$  là đường kính danh nghĩa của thanh neo;

$n$  là số ren trên chiều dài đơn vị.

## 8.7.10 Liên kết hàn

Liên kết hàn tuân thủ AISC-LRFD-99 [37], Chương J hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

### 8.7.10.1 Kết cấu trụ rỗng

Đường hàn liên tục theo chiều dọc đối với mặt cắt trụ rỗng cần có độ ngẫu nhỏ nhất 60%, trừ khi các khu vực dưới đây có đường hàn liên tục dọc có độ ngẫu toàn bộ hoặc nóng chảy hoàn toàn suốt toàn bộ mặt cắt:

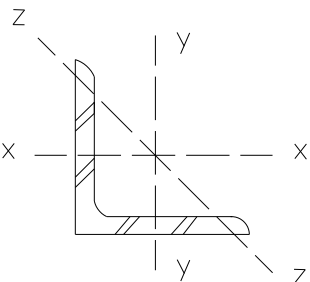
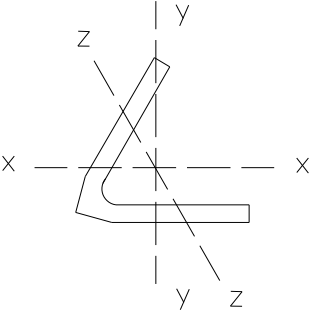
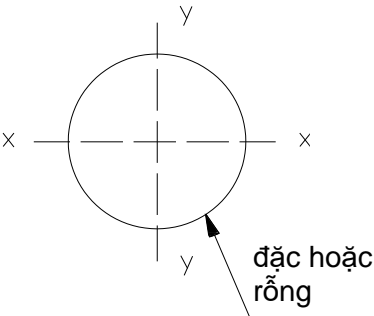
Đường hàn liên tục dọc trong vòng 150 mm theo chu vi đường hàn hoặc tấm đế hoặc tấm cánh.

Phần ngoài (âm) đường hàn liên tục dọc thuộc diện tích mỗi nối trượt, với khoảng cách tối thiểu bằng chiều dài đoạn chồng lớn nhất cộng với 150 mm.

Đường hàn liên tục ngang cần phải có độ ngẫu toàn bộ hoặc nóng chảy hoàn toàn mặt cắt tiết diện.

Đường hàn bản mã chân trụ cần là đường hàn thấu hoàn toàn. Thay vì đó, thân trụ có thể được đút vào các cánh hoặc bản mã chân đế và liên kết với đường hàn góc trong và ngoài.

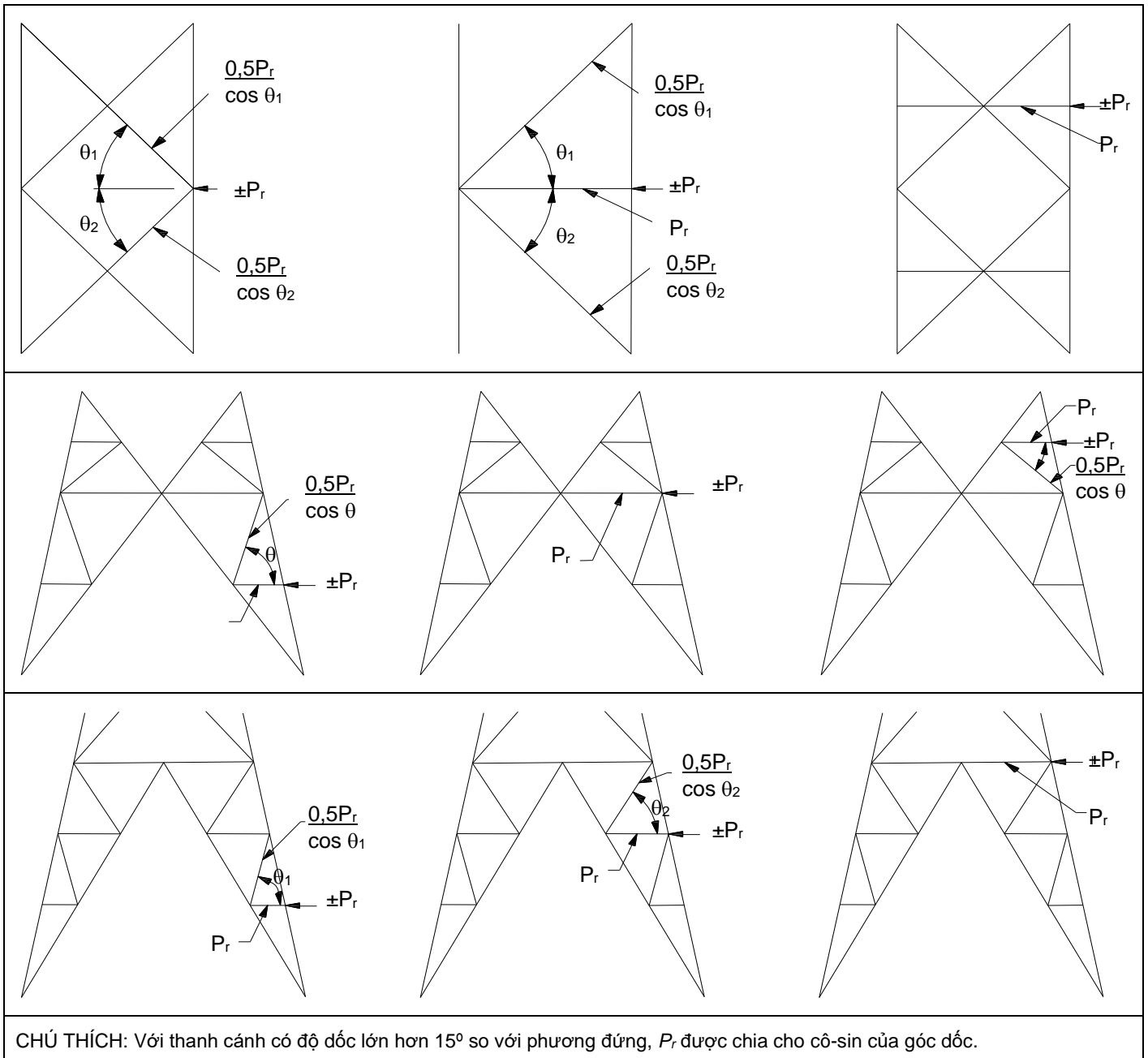
**Bảng 15 - Khả năng chịu lực yêu cầu của giằng đối với cấu kiện thanh cánh**

Hình dạng thanh cánh	Mặt cắt ngang của tháp	Khả năng chịu lực yêu cầu của giằng, $P_r$ , tại một điểm nút
	Vuông	Khi mất ổn định theo trục-yếu ( $KL/r_z$ ) $P_r = P_s / (2 \times 0,707) = 0,707P_s$  Mất ổn định trong mặt phẳng ( $KL/r_x$ hoặc $KL/r_y$ )  $P_r = P_s$
 <p>Ghi chú: <math>r_x &gt; r_y &gt; r_z</math></p>	Tam giác	Khi mất ổn định theo trục-yếu ( $KL/r_z$ ) $P_r = P_s / (2 \times 0,866) = 0,577P_s$  Mất ổn định trong mặt phẳng ( $KL/r_y$ )  $P_r = P_s$  Mất ổn định ngoài mặt phẳng ( $KL/r_x$ )  $P_r = P_s / 0,866 = 1,15P_s$
	Vuông	Mất ổn định trong mặt phẳng ( $KL/r_x$ hoặc $KL/r_y$ )  $P_r = P_s$
	Tam giác	Mất ổn định ngoài mặt phẳng ( $KL/r_x$ )  $P_r = P_s / 0,866 = 1,15P_s$

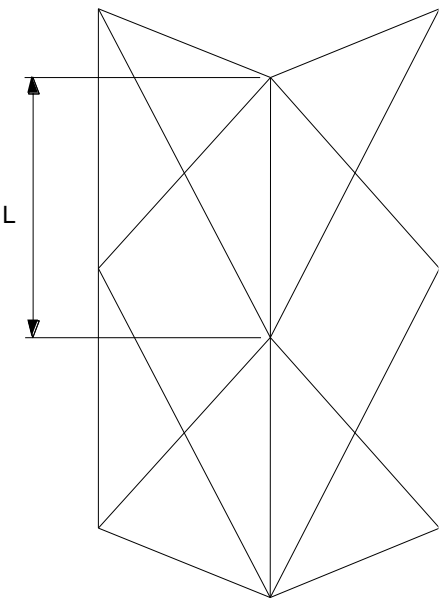
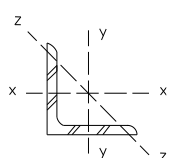
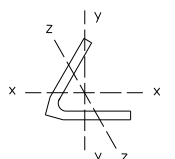
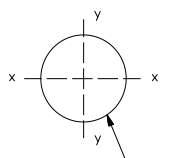
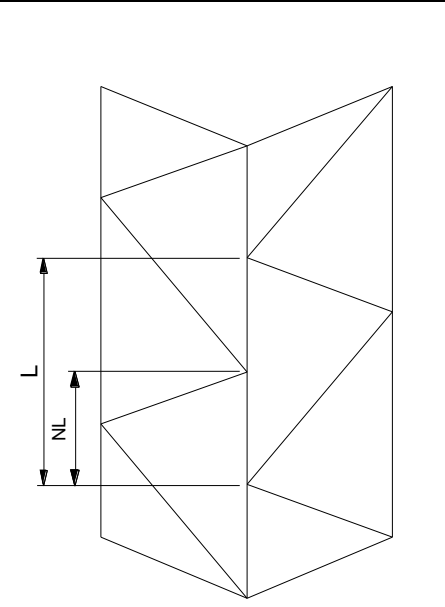
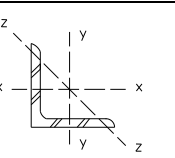
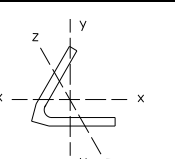
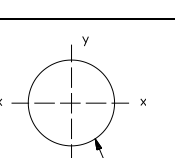
**CHÚ THÍCH:**

- Hoặc,  $P_r$  có thể được xác định bằng việc sử dụng độ mảnh hiệu dụng bất lợi (cao nhất) để tính  $P_s$  và nhân với 1,15 cho mặt cắt kết cấu tháp dạng tam giác hoặc 1,0 với mặt cắt vuông.
- Giá trị  $P_r$  áp dụng cho cả hai mặt khi tính toán cho một đoạn cấu kiện thanh cánh. Giá trị lớn hơn được dùng khi xem xét đoạn thanh cánh phía trên và dưới điểm nút.
- Mất ổn định theo trục yếu là chi phối với thanh cánh thép góc có dạng bố trí giằng đối xứng. Mất ổn định trong mặt phẳng, ngoài mặt phẳng hoặc trục yếu có thể là chi phối cho dạng bố trí giằng so le.

**Bảng 16 - Khả năng chịu lực yêu cầu nhỏ nhất tại điểm nút**



**Bảng 17 - Độ mảnh hiệu dụng đối với cấu kiện thanh cánh**

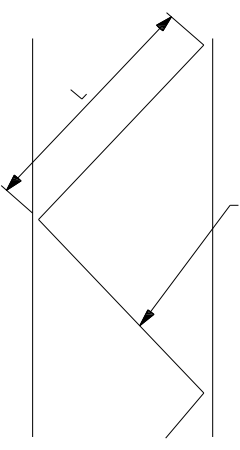
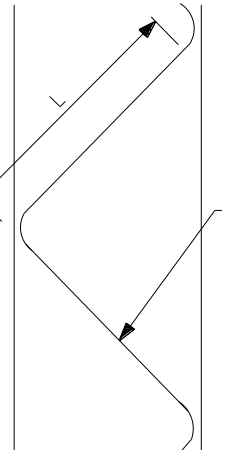
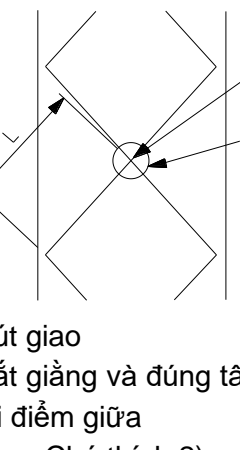
Dạng bố trí giằng đối xứng		
	Mặt cắt thanh cánh	Độ mảnh hiệu dụng $K=1,0$
		$\frac{KL}{r_z}$
		$\frac{KL}{r_z}$
	 Rỗng hoặc đặc	$\frac{KL}{r_x}$
Dạng bố trí giằng so le		
 <p style="text-align: center;"><math>N \geq 0,5</math></p>	Mặt cắt thanh cánh	Độ mảnh hiệu dụng $K=1,0$
		$\frac{KL}{r_x}, \frac{KL}{r_y}, \left(\frac{1+2N}{3}\right) \frac{KL}{r_z}$
		$\frac{KL}{r_x}, \frac{KL}{r_y}, \left(\frac{1+2N}{3}\right) \frac{KL}{r_z}$
	 Rỗng hoặc đặc	$\frac{KL}{r_x}$
<p><b>CHÚ THÍCH:</b></p> <p>1. Chiều dài <math>L</math> lấy bằng với khoảng cách các đốt, đo dọc theo trục thanh cánh.</p> <p>2. Độ mảnh hiệu dụng nhỏ nhất được sử dụng để xác định khả năng chịu nén tính toán và khả năng chịu lực giằng yêu cầu để tạo gối (điểm chặn) ngang.</p>		



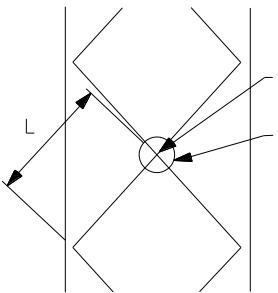
**Bảng 18 - Độ mảnh hiệu dụng đối với cấu kiện thanh giằng**

<b>Độ mảnh nhỏ hơn 120, độ lệch tâm chi phối</b>		
<b>Số công thức</b>	<b>Công thức</b>	<b>Điều kiện liên kết hai đầu của chiều dài mất ổn định đang xét</b>
1	$KL/r = L/r$	Đúng tâm cả hai đầu
2	$KL/r = 30 + 0,75L/r$	Đúng tâm một đầu và lệch tâm vuông góc khung đầu còn lại
3	$KL/r = 60 + 0,5L/r$	Lệch tâm vuông góc khung cả hai đầu
Điều kiện đúng tâm	Thanh chữ C hoặc thép góc kép Cấu kiện tròn với bản mã đầu thanh đúng tâm	
Điều kiện lệch tâm vuông góc khung	Thanh chữ C hoặc thép góc đơn Cấu kiện tròn với bản mã đầu thanh lệch tâm Cấu kiện tròn bóp dẹt đầu	
<b>Độ mảnh <math>\geq 120</math>, điều kiện biên chi phối</b>		
<b>Số công thức</b>	<b>Công thức</b>	<b>Điều kiện liên kết hai đầu của chiều dài mất ổn định đang xét</b>
4	$KL/r = L/r$	Xoay tự do cả hai đầu
5	$KL/r = 28,6 + 0,762 L/r$	Ngăn cản một phần ở một đầu và tự do đầu còn lại
6	$KL/r = 46,2 + 0,615 L/r$	Ngăn cản một phần cả hai đầu
Điều kiện tự do	Liên kết một bu lông	
Điều kiện ngăn cản một phần	Liên kết hàn hoặc nhiều bu lông với sườn gia cường / bộ phận hoặc nhóm cấu kiện / các bộ phận	
<p>CHÚ THÍCH:</p> <p>1. Công thức 2 áp dụng cho thép góc đơn trong các dạng giằng chữ thập khi <math>L/r &lt; 120</math> và thép góc liên kết đầu lạng tại điểm giao.</p> <p>2. Các công thức khác nhau có thể áp dụng cho mỗi phương mất ổn định đang xét. Độ mảnh hiệu dụng lớn nhất được sử dụng để xác định cường độ nén.</p>		

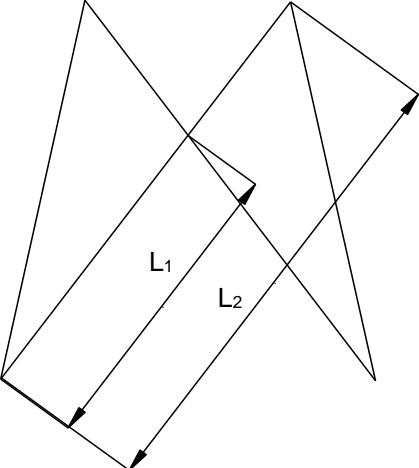
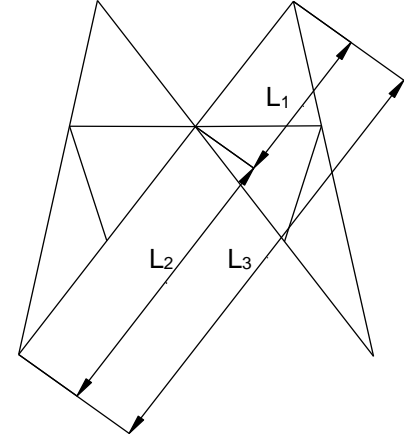
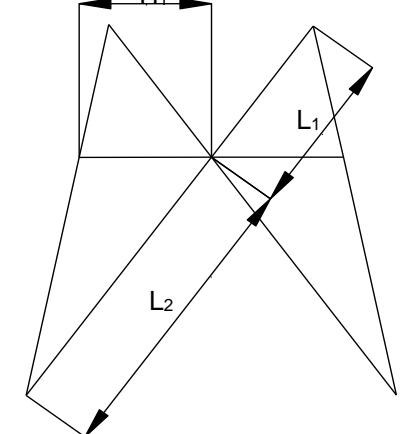
**Bảng 19 - Độ mảnh hiệu dụng đối với cấu kiện thanh giằng tròn hàn trực tiếp với thanh cánh**

Dạng bố trí giằng	Độ mảnh của thanh giằng		
	$L/r < 80$	$80 \leq L/r \leq 120$	$L/r \geq 120$
 <p>Giằng bị cắt tại hai đầu</p>	$K=1,0$	$K = 0,7 + 0,3 \left( 120 - \frac{L}{r} \right) / 40$	$K = 0,7$
 <p>Giằng được uốn liên tục</p>	$K=1,1$	$K = 0,7 + 0,4 \left( 120 - \frac{L}{r} \right) / 40$	$K = 0,7$
 <p>Nút giao Cắt giằng và đúng tâm tại điểm giữa (xem Chú thích 2)</p>	$K=1,0$	$K = 0,75 + 0,25 \left( 120 - \frac{L}{r} \right) / 40$	$K = 0,75$



Dạng bố trí giằng	Độ mảnh của thanh giằng		
	$L/r < 80$	$80 \leq L/r \leq 120$	$L/r \geq 120$
 <p>Nút giao Giằng liên tục và nối tại điểm giữa (xem Chú thích 2)</p>	$K = 1,1$	$K = 0,9 + 0,2 \left( 120 - \frac{L}{r} \right) / 40$	$K = 0,90$
<p>CHÚ THÍCH:</p> <p>1. L được xác định theo khoảng cách các chốt và khoảng thông thủy giữa các thanh cánh.</p> <p>2. Khi lực kéo trong thanh chịu kéo của hệ giằng kép nhỏ hơn 20% lực nén trong thanh chịu nén, giá trị <math>KL</math> được xác định dựa vào điều kiện giằng đơn.</p>			

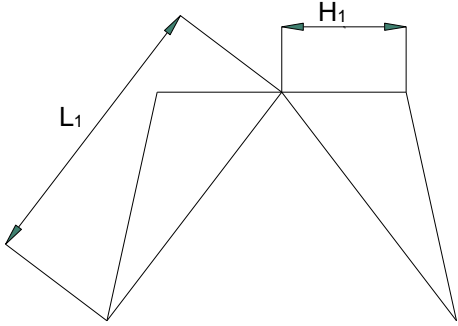
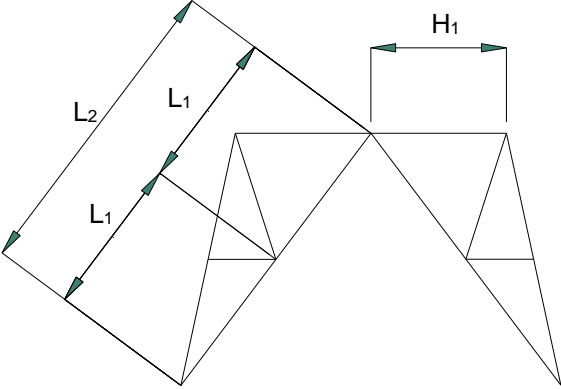
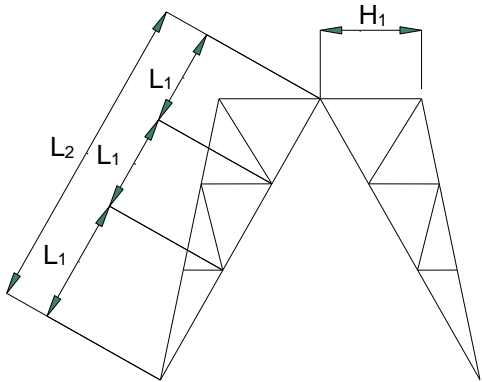
**Bảng 20 - Chiều dài mắt ổn định đối với giằng chữ thập**

	Điểm giao cung cấp gối đỡ	Điểm giao có liên kết nhưng không tạo gối đỡ
	$L_1/r_{min}$	$L_1/r_{min}$ $L_2/r_{out}$
	Điểm giao cung cấp gối đỡ	Điểm giao có liên kết nhưng không tạo gối đỡ
	$L_1/r_{min}$ $L_2/r_{out}$	$L_1/r_{min}$ $L_3/r_{out}$
	Giằng cục bộ tại điểm giao	Không có giằng cục bộ tại điểm giao
	$L_1/r_{min}$ $L_2/r_{min}$ $H_1/r_{min}$	$L_1/r_{min}$ $L_2/r_{min}$ $H_1/r_{min}$ $2H_1/r_{out}$

**CHÚ THÍCH:**

1.  $L$  được xác định bằng việc sử dụng chiều dài giữa tim bu lông liên kết hoặc nhóm hàn.
2.  $r_{min}$  là bán kính quán tính nhỏ nhất (nghĩa là trục z-z với thanh góc đơn,  $r_x$  hoặc  $r_y$  với thanh tròn).
3.  $r_{out}$  là bán kính quán tính ứng với mắt ổn định ngoài mặt phẳng.
4. Xem 8.3.2.1 đối với các tiêu chí xác định gối chặn tại điểm giao.
5. Thanh ngang cần thỏa mãn các yêu cầu trong 8.3.2.1 khi giằng chéo không chạy liên tục qua điểm giao

**Bảng 21 - Chiều dài mắt ổn định đối với giằng dạng K và dạng khung**

	Cấu kiện ngang liên tục	
	Có hệ giằng ngang tại đỉnh	Không có giằng ngang
	$L_1 / r_{min}$ $H_1 / r_{min}$	$L_1 / r_{min}$ $H_1 / r_{min}$ $1.5H_1 / r_{out}$ (xem Chú thích 4)
	Cấu kiện ngang liên tục	
	Có hệ giằng ngang tại đỉnh	Không có giằng ngang
	$L_1 / r_{min}$ $L_2 / r_{out}$ $H_1 / r_{min}$	$L_1 / r_{min}$ $L_2 / r_{out}$ $H_1 / r_{min}$ $1.5H_1 / r_{out}$ (xem chú thích 4)
	Cấu kiện ngang không liên tục Cần có hệ giằng ngang tại đỉnh	
	Có hệ giằng bụng	Không có hệ giằng bụng
	$L_1 / r_{min}$ $H_1 / r_{min}$	$L_1 / r_{min}$ $L_2 / r_{out}$ $H_1 / r_{min}$
<p><b>CHÚ THÍCH:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>L</math> được xác định bằng việc sử dụng chiều dài giữa tim bu lông liên kết hoặc nhóm hàn.</li> <li>2. <math>r_{min}</math> là bán kính quán tính nhỏ nhất (nghĩa là trục z-z với thanh góc đơn, <math>r_x</math> hoặc <math>r_y</math> với thanh tròn).</li> <li>3. <math>r_{out}</math> là bán kính quán tính ứng với mắt ổn định ngoài mặt phẳng.</li> <li>4. <math>2H_1/r_{out}</math> được xem là để xác định cường độ để tạo điểm chặn cho thanh cánh định nghĩa theo 8.2.1.</li> <li>5. Hệ giằng ngang và bụng phải được tạo hình tam giác (Hình 18) và thỏa mãn các yêu cầu trong 8.2.1.</li> </ol>		

**Bảng 22 - Cường độ tính toán đối với cấu kiện ống đa giác**

Hình dạng	Tỉ số $w/t$	Cường độ tính toán
18 cạnh	$(F_y / E)^{1/2} (w / t) < 1,17$	$F'_y = F_y$
	$1,17 \leq (F_y / E)^{1/2} (w / t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,404F_y \left[ 1,0 - 0,245(F_y / E)^{1/2} (w / t) \right]$
16 cạnh	$(F_y / E)^{1/2} (w / t) \leq 1,26$	$F'_y = F_y$
	$1,26 \leq (F_y / E)^{1/2} (w / t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,420F_y \left[ 1,0 - 0,233(F_y / E)^{1/2} (w / t) \right]$
12 cạnh	$(F_y / E)^{1/2} (w / t) < 1,41$	$F'_y = F_y$
	$1,41 \leq (F_y / E)^{1/2} (w / t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,450F_y \left[ 1,0 - 0,220(F_y / E)^{1/2} (w / t) \right]$
8 cạnh	$(F_y / E)^{1/2} (w / t) < 1,53$	$F'_y = F_y$
	$1,53 \leq (F_y / E)^{1/2} (w / t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,420F_y \left[ 1,0 - 0,194(F_y / E)^{1/2} (w / t) \right]$

trong đó:

$F_y$  là cường độ tiêu chuẩn của thép, đo bằng megapascal (MPa);

$t$  là chiều dày thành ống, đo bằng milimét (mm);

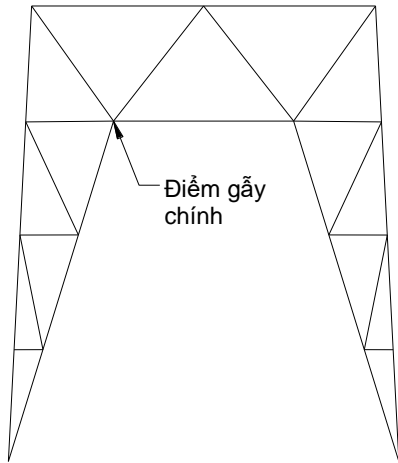
$w$  là kích thước phần phẳng của mỗi cạnh đa giác, được tính với bán kính uốn phía trong tiết diện đa giác là  $4t$ ;

$E$  là mô đun đàn hồi, đo bằng megapascal (MPa).

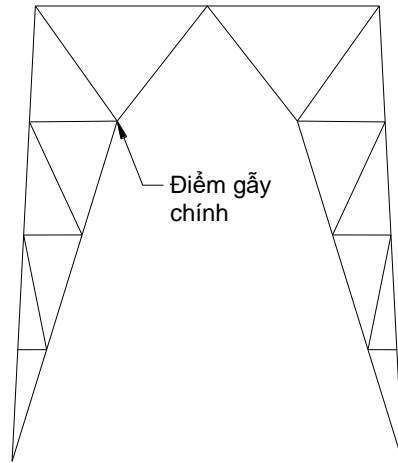
CHÚ THÍCH:

1. Với cấu kiện đa giác,  $w/t$  không vượt quá  $2,14(E/F_y)^{1/2}$ .

2. Cấu kiện đa giác hơn 18 cạnh được xem như tròn khi tính toán cường độ, với đường kính bằng khoảng cách giữa hai cạnh đối diện.



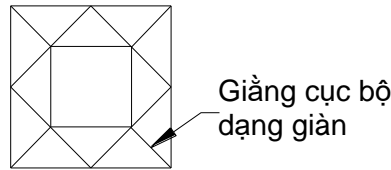
**Giằng dạng khung gãy**



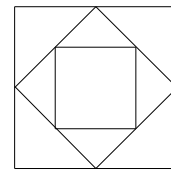
**Giằng dạng K gãy**

CHÚ THÍCH: Hệ giằng bụng tạo hình tam giác (Hình 18) cần bố trí tại điểm gãy chính

**Hình 17: Giằng dạng khung gãy và K gãy**

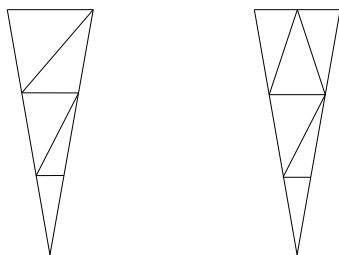


Được tạo hình tam giác

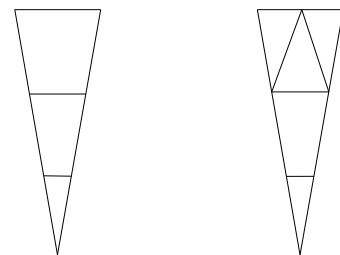


Không tạo hình tam giác

**a) Giằng ngang**



Được tạo hình tam giác



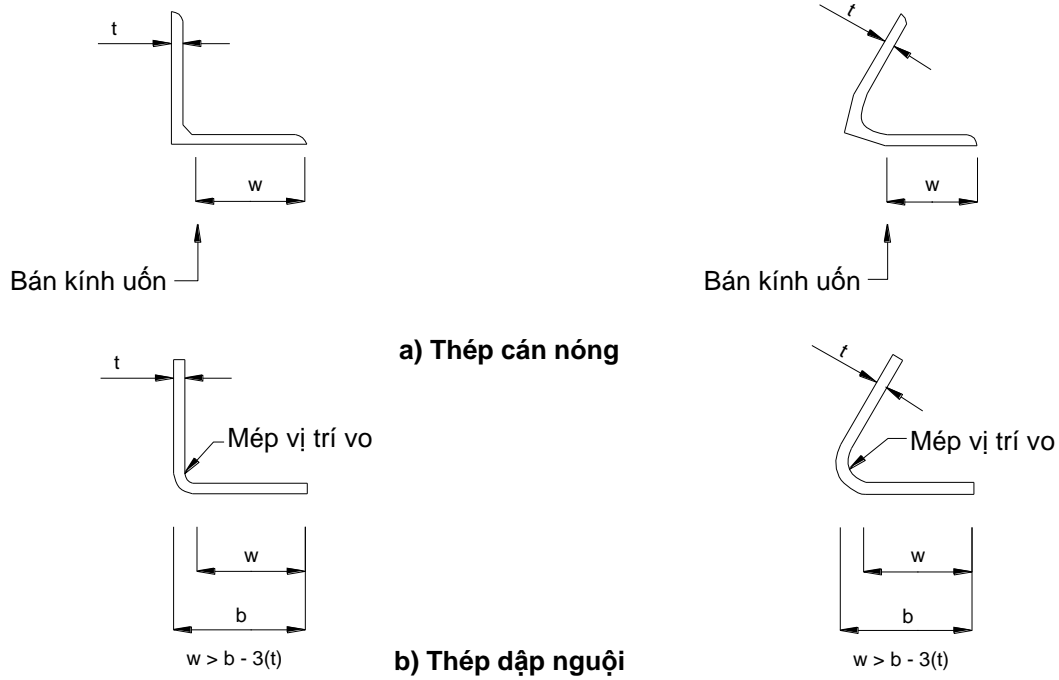
Không tạo hình tam giác

**b) Giằng bụng**

CHÚ THÍCH:

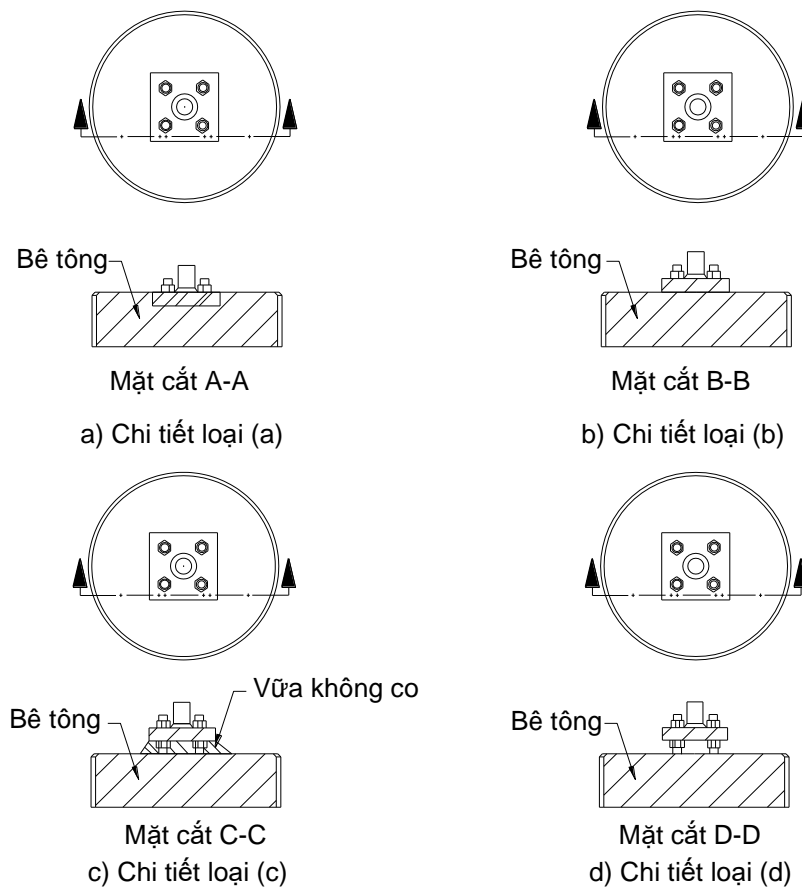
1. Giằng ngang hoặc bụng phải được tạo hình tam giác và thỏa mãn 8.2.1 để tạo điểm gối ngang.
2. Độ mảnh hiệu dụng đối với thanh chéo chính có hệ giằng mặt/bụng so le được xác định theo Bảng 17 với công thức của thanh cánh bố trí giằng so le.
3. Khả năng chịu lực yêu cầu nhỏ nhất của hệ giằng bụng được xác định theo Bảng 15 với  $P_r = 1,15P_s$  ( $P_s$  dựa vào độ mảnh hiệu dụng chi phối của thanh chéo chính).

**Hình 18 - Hệ giằng ngang và giằng bụng**



CHÚ THÍCH: Tỷ số  $w/t$  không vượt quá 25

**Hình 19 - Tỷ số bề rộng trên chiều dày ( $w/t$ ) đối với cấu kiện thép góc**



CHÚ THÍCH: Khi khoảng thông thủy từ mặt trên bê tông đến cao độ đáy bu lông tạo độ ngang vượt quá 1,5 lần đường kính thanh neo, uốn đối với bu lông neo cần được xem xét (xem 8.7.9).

**Hình 20 - Các loại chi tiết thanh neo**

## 9. Sản xuất

### 9.1 Phạm vi

Mục này quy định các yêu cầu về vật liệu thép, sai số chế tạo và kiểm soát ăn mòn áp dụng đối với tháp thép viễn thông được thiết kế và chế tạo theo hướng dẫn này.

### 9.2 Vật liệu, kết cấu thép

#### 9.2.1 Quy định chung

Thép sử dụng cho kết cấu cần phù hợp với một trong số các tiêu chuẩn về vật liệu (tham khảo Bảng 23). Các vật liệu thép khác phù hợp cho việc áp dụng và tuân thủ theo 9.2.2 được xem là chấp nhận được.

Thép cho các trụ ống đa giác và bản cánh hàn đối đầu đối với trụ ống đa giác cần có giá trị khe-V Charpy (CVN) không nhỏ hơn 21 Joule tại 29 °C. .

Các thí nghiệm CVN phải tuân thủ theo ASTM A370 [13] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

#### 9.2.2 Thép chưa được chứng nhận

Mức các bon quy đổi không được vượt quá 0,65 theo công thức dưới đây.

$$C + \frac{M_n + S_i}{6} + \frac{C_r + M_0 + V}{5} + \frac{N_i + C_u}{15} \quad (107)$$

CHÚ THÍCH: Có thể cần áp dụng quy trình hàn đặc biệt theo AWS D1.1-04.

Độ dẫn dài không nhỏ hơn 18 %.

Đối với các cấu kiện mặt cắt tròn đặc, giá trị thiết kế danh nghĩa của cường độ chảy và cường độ kéo tới hạn được căn cứ vào điểm giữa - đường cong.

Giá trị CVN tại nhiệt độ trung bình thấp nhất tại hiện trường xây dựng không nhỏ hơn giá trị sau đây:

$$CVN = \frac{F_y}{710c} \quad (108)$$

trong đó:

$CVN$  được tính bằng Jun;

$F_y$  là ứng suất chảy nhỏ nhất của thép, MPa;

$t$  là chiều dày (đường kính) của cấu kiện thép, mm;

$c = 2$  đối với lỗ khoan và bộ phận không hàn và mọi cấu kiện chịu ứng suất kéo thiết kế nhỏ hơn 100 MPa. Bằng 1 đối với bộ phận được đột hoặc hàn chịu ứng suất kéo thiết kế lớn hơn hoặc bằng 100 MPa.

Với tiết diện tròn đặc, giá trị CVN được căn cứ vào một mẫu dọc nằm tại vị trí dưới bề mặt 25 mm.

### **9.2.3 Báo cáo thí nghiệm**

Báo cáo thí nghiệm thành phần thép được chứng nhận hoặc báo cáo thí nghiệm thực hiện bởi nhà thầu hay phòng thí nghiệm được chứng nhận theo tiêu chuẩn ASTM A6 [3] hoặc ASTM A568 [39] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác được lập thành hồ sơ thỏa mãn các yêu cầu của 9.2.1 và 9.2.2.

### **9.2.4 Sai số**

Sai số về kích thước cho phép được lấy theo ASTM A6 [3] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

## **9.3 Chế tạo**

Việc chế tạo phải tuân thủ mục M2 của AISC-LRFD-99 [37] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

Trừ khi có chỉ định khác, các cấu kiện sẽ được chế tạo với sai số nêu trong ASTM A6 [3] đối với loại vật liệu đang dùng. Các cấu kiện đã hoàn thành phải tránh bị xoắn hoặc uốn.

Các cấu kiện chịu nén đã hoàn thành không bị cong quá 1/500 chiều dài giữa hai điểm gối đỡ ngang, nhưng không hơn 1,5 mm.

Mỗi nối trong các cấu kiện chịu nén được thiết kế chịu lực trực tiếp cần có diện tích tiếp xúc ít nhất 75 % diện tích danh định.

Việc hàn tuân thủ theo AWS D1.1-04 [40] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

## **9.4 Kiểm soát ăn mòn**

### **9.4.1 Tổng quát**

Mọi cấu kiện và bộ phận cần được phủ kẽm. Mạ kẽm nóng là giải pháp hợp lý nên áp dụng. Các phương pháp khác mà đem lại mức kiểm soát ăn mòn tương đương đều được chấp thuận.

### **9.4.2 Kết cấu thép**

Cấu kiện thép được mạ kẽm nóng theo ASTM A123 [8] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.



Các phương pháp thay thế cần đem lại mức kiểm soát ăn mòn tương đương các yêu cầu nêu trong ASTM A123 [8] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

#### 9.4.3 Khóa chốt và phụ kiện

Khóa chốt và phụ kiện được mạ kẽm theo ASTM A153 [9] (mạ nóng) hoặc ASTM B695 [36] Cấp 50 (mạ cơ khí) hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác. Các phương pháp thay thế cần đem lại mức kiểm soát ăn mòn tương đương các yêu cầu nêu trong ASTM A123 [8] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

#### 9.4.4 Sửa chữa

Việc sửa chữa được thực hiện theo ASTM A780 [27] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác hoặc như yêu cầu của nhà cung cấp về giải pháp kiểm soát ăn mòn thay thế.

#### 9.4.5 Sợi dây co

Sợi dây co được mạ kẽm theo tiêu chuẩn ASTM A475 [14] hoặc ASTM A586 [21] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác. Cấp mạ tối thiểu là cấp A.

**Bảng 23 - Kết cấu thép được chứng nhận**

API-5L [2]	Chỉ dẫn kỹ thuật API (Chỉ dẫn 5L)
ASTM A36 [5]	Kết cấu thép
ASTM A53 [6]	Ống thép đen, hàn, đúc liền, mạ nóng, phủ kẽm
ASTM A106 [7]	Ống thép các bon đúc liền
ASTM A242 [11]	Kết cấu thép hợp kim thấp cường độ cao
ASTM A500 [16]	Kết cấu thép ống tròn hoặc tiết diện khác dập nguội, hàn và đúc liền
ASTM A501 [17]	Kết cấu thép ống tròn cán nóng, hàn và đúc liền
ASTM A514 [18]	Thép tấm hợp kim cường độ chảy cao được gia nhiệt hoặc làm nguội nhanh, phù hợp đối với hàn
ASTM A529 [19]	Chất lượng thép kết cấu các bon – măng gan cường độ cao
ASTM A572 [20]	Chất lượng thép kết cấu hợp kim thấp Columbium-Vanadium cường độ cao
ASTM A588 [22]	Kết cấu thép hợp kim thấp cường độ cao, giới hạn chảy nhỏ nhất 345

	MPa
ASTM A606 [24]	Thép tấm, thép dải các bon thấp cường độ cao, cán nóng và dập nguội, có tăng cường khả năng chống ăn mòn môi trường
ASTM A618 [25]	Kết cấu thép ống các bon thấp cường độ cao, cán nóng, hàn và đúc liền
ASTM A633 [26]	Thép tấm hợp kim thấp cường độ cao
ASTM A871 [28]	Thép tấm hợp kim thấp cường độ cao có khả năng chống ăn mòn môi trường
ASTM A913 [29]	Chất lượng thép kết cấu hợp kim thấp cường độ cao
ASTM A992 [30]	Các loại thép hình sử dụng cho công trình nhà khung
ASTM A1008/A [31]	Thép tấm kết cấu, dập nguội, các bon, hợp kim thấp cường độ cao và các bon, hợp kim thấp cường độ cao có tăng cường tính tạo hình
ASTM A1011 [32]	Yêu cầu chung đối với chất lượng thép kết cấu cán hoặc hàn
CHÚ THÍCH: Các cấu kiện có hình dạng và kích cỡ ngoài phạm vi ASTM sẽ được xem là thép chưa được chứng nhận.	

#### 9.4.6 Neo dây co

Các bộ phận mạ kẽm của bản mã neo hoặc thanh neo cần được neo vào bê tông một đoạn tối thiểu 50 mm.

Neo dây co tiếp xúc trực tiếp với đất cần có mức kiểm soát ăn mòn ít nhất theo quy định trong 9.4.2. Khi điện trở của đất đo đạc được thấp hơn 50  $\Omega$ -m và/hoặc độ pH đo đạc được dưới 3 hoặc hơn 9, phải có biện pháp kiểm soát ăn mòn bổ sung cho các kết cấu Cấp II và III.

### 10. Các vật liệu kết cấu khác

#### 10.1 Phạm vi

Mục này quy định các tiêu chí đối với thiết kế kết cấu sử dụng các loại vật liệu ngoài thép.

#### 10.2 Quy định chung

Các loại vật liệu kết cấu khác có thể được dùng cho các kết cấu phù hợp với các yêu cầu trong hướng dẫn này. Các loại vật liệu thông thường, như bê tông, nhôm và gỗ, cần phù hợp với các tiêu chuẩn thiết kế theo các trạng thái giới hạn ứng với các vật liệu này. Với các loại vật liệu khác mà không có tiêu chuẩn thiết kế tương ứng, khả năng chịu lực tính toán được xác định sao cho đạt

được mức độ tin cậy theo hướng dẫn này.

### **10.3 Tải trọng**

Các tổ hợp tải trọng cho trạng thái giới hạn về độ bền và sử dụng được tuân theo 6.

### **10.4 Phân tích**

Quy trình và mô hình phân tích tuân thủ theo 7.

### **10.5 Khả năng chịu lực tính toán**

Khả năng chịu lực tính toán được thiết lập sao cho đạt được mức độ tin cậy theo hướng dẫn này.

## **11. Các bộ phận dây co**

### **11.1 Phạm vi**

Mục này quy định các yêu cầu tối thiểu đối với thiết kế và cung cấp cáp dây co, phụ kiện nối đầu dây và các bộ phận được dùng như là các bộ phận của cột dây co thiết kế, chế tạo theo hướng dẫn này.

### **11.2 Cáp**

#### **11.2.1 Tao cáp dây co**

Tao cáp dây co thép mạ kẽm tuân thủ các yêu cầu tối thiểu của ASTM A475 [14] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác. Tao cáp dây co thép bọc nhôm tuân thủ ASTM B416 [35] hoặc một tiêu chuẩn tương đương.

#### **11.2.2 Tao cáp kết cấu**

Tao cáp kết cấu tuân thủ các yêu cầu tối thiểu của ASTM A586 [21] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

#### **11.2.3 Dây cáp sợi**

Không dùng dây cáp sợi cho các bộ phận dây co trừ khi độ bền hơn được yêu cầu đối với trường hợp đặc biệt. Khi được sử dụng, dây cáp sợi cần tuân thủ ASTM A603 [23] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác. Sợi dây co thép bọc nhôm tuân thủ ASTM B415 [34] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

### **11.3 Các phụ kiện gá**

#### **11.3.1 Móc khuyên đầu cáp**

Một phụ kiện được uốn với bán kính phù hợp theo kiến nghị của nhà sản xuất, tại phía trong của bộ gá cáp.

### **11.3.2 Bộ phận cầm nắm dây co tạo sẵn và đầu - chết sợi tạo sẵn**

Bộ phận cầm nắm dây co tạo sẵn và đầu-chết được thiết kế đặc biệt ứng với chiều dài, đường kính và loại cáp sử dụng. Bộ phận này bao gồm kích cỡ, số lượng và bố trí các sợi và phù hợp về tính điện hóa. Nhà sản xuất phải thí nghiệm để chứng minh khả năng và sự hiệu quả của sản phẩm đối với các kích cỡ cáp khác nhau.

Không sử dụng lại bộ phận cầm nắm dây co tạo sẵn sau khi được dùng và bỏ ra.

### **11.3.3 Kẹp**

Kẹp bu lông - U hoặc kẹp hai mảnh sử dụng để giữ các đầu uốn vòng phải phù hợp kích cỡ của cáp với sai số 1,6 mm.

### **11.3.4 Ổ**

Ổ có dạng mở hoặc đóng. Các ổ được sản xuất theo ASTM A27 [4] và ASTM A148 [10] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

Các ổ chỉ được dùng với dây cáp sợi sẽ không được dùng với tào cáp, hoặc không được dùng ổ được chế tạo cho tào cáp mạ kẽm lẫn với tào cáp phủ nhôm.

Các ổ sử dụng với các loại tào cáp khác có thể được chế tạo từ các loại vật liệu khác miễn sao chúng phù hợp với các tiêu chuẩn được chứng nhận và chứng tỏ rằng chúng có các đặc tính làm việc giống như các yêu cầu trong hướng dẫn này.

#### **11.3.4.1 Phụ kiện gá rót - kẽm**

Kẽm dùng cho các phụ kiện gá rót - kẽm phải phù hợp với một loại kẽm có chất lượng như được quy định trong ASTM B6 [33] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác.

#### **11.3.4.2 Phụ kiện gá rót - nhựa resin**

Phụ kiện gá rót - nhựa resin được chấp nhận khi được lắp đặt theo kiến nghị của nhà sản xuất nhựa resin.

### **11.3.5 Khóa**

Khóa nối các phụ kiện gá dây co sẽ được rèn từ thép theo AISI 1035 [42] và AISI 1045 [43] hoặc tương đương và được gia công-nhiệt phù hợp (làm lạnh nhanh và gia nhiệt, thông thường hoặc

tôi).

### **11.3.6 Thiết bị điều chỉnh lực**

Thiết bị điều chỉnh lực được bố trí tại đầu neo của bộ phận dây co để điều chỉnh lực căng dây co.

#### **11.3.6.1 Tăng đơ**

Tăng đơ dùng để nối bộ phận dây co được rèn từ thép theo AISI 1035 [42] và AISI 1045 [43] hoặc tương đương và được gia công - nhiệt phù hợp (làm lạnh nhanh và gia nhiệt, thông thường hoặc tôi).

#### **11.3.1.1 Ổ cầu**

Thiết bị điều chỉnh lực sử dụng kèm theo ổ cầu hoặc thiết bị tương tự sẽ được gia công - nhiệt phù hợp (thông thường hoặc tôi).

### **11.4 Bộ giảm chấn dây co**

Các dao động biên độ thấp tần số cao (Aeolian) và biên độ cao tần số thấp (galloping) rất khó dự báo trước khi lắp dựng kết cấu do đó các bộ giảm chấn cần được lắp đặt. Đối với cột dây co có chiều cao kết cấu vượt 366 m, cần bố trí các giảm chấn tần số cao cho cáp với liên kết cứng ở đầu như ổ cầu hoặc tương tự trừ khi có phân tích theo điều kiện thực tế tại hiện trường.

Kích cỡ, số lượng và vị trí của giảm chấn tuân thủ theo các kiến nghị của nhà sản xuất.

### **11.5 Thiết kế**

#### **11.5.1 Lực căng ban đầu**

Đối với mục đích thiết kế, lực căng ban đầu trong dây co tại nhiệt độ môi trường 16 °C cần nằm trong khoảng giới hạn trên và dưới, 15 % và 7 % cường độ kéo đứt quy định bởi nhà sản xuất. Giá trị lực căng ban đầu nằm ngoài các giới hạn này có thể được áp dụng miễn sao độ nhạy dao động của kết cấu ứng với lực căng ban đầu được xem xét. Nhiệt độ môi trường thiết kế có thể được điều chỉnh căn cứ theo số liệu điều kiện tự nhiên tại địa điểm xây dựng.

#### **CHÚ THÍCH:**

1. Lực căng ban đầu được định nghĩa là lực căng dây co tại điểm neo ứng với điều kiện tĩnh tải đặc trưng tại nhiệt độ môi trường thiết kế.
2. Khi sử dụng lực căng ban đầu vượt 15 %, cần xem xét tới ảnh hưởng của dao động Aeolian. Tương tự, khi sử dụng lực căng ban đầu thấp hơn 7 %, cần xem xét tới hiệu ứng galloping và va đập trùng-căng.

## 11.5.2 Khả năng chịu lực tính toán

Khả năng chịu lực tính toán của bộ phận dây co được lấy bằng  $\phi_g T_g$ :

trong đó:

$\phi_g = 0,6$  đối với cáp dây co kim loại và bằng  $0,5$  với cáp không phải kim loại;

$T_g$  là cường độ kéo đứt giới hạn của bộ phận dây co theo 11.5.2.1.

### 11.5.2.1 Cường độ kéo đứt giới hạn

Cường độ kéo đứt giới hạn của bộ phận dây co được lấy bằng giá trị nhỏ của: (a) cường độ kéo đứt quy định bởi nhà sản xuất nhân với hệ số hiệu quả của phụ kiện nối đầu dây co theo 11.5.2.2 hoặc (b) cường độ kéo đứt của phụ kiện nối đầu dây hoặc thiết bị điều chỉnh lực.

### 11.5.2.2 Hệ số hiệu quả của phụ kiện nối đầu dây

Hệ số hiệu quả của phụ kiện nối đầu dây đối với loại kẹp hai mảnh và bu lông dạng chữ U sử dụng trên tao cáp dây co tới đường kính 22 mm là 90 %, và 75 % đối với tao cáp có kích cỡ khác. Đối với các loại liên kết đầu dây khác, hệ số này được lấy theo kiến nghị của nhà sản xuất phụ kiện nối đầu dây.

## 11.5.3 Mô đun đàn hồi

Khi không có dữ liệu cụ thể của nhà sản xuất cáp, mô đun đàn hồi của cáp thép sử dụng cho phân tích là 159 MPa, ngoại trừ cáp dẫn trước 65 mm hoặc nhỏ hơn mô đun đàn hồi sẽ là 166 MPa.

## 11.5.4 Nối khớp

Khớp nối tại hai đầu bộ phận dây co được dùng đối với các bộ phận dây co bao gồm dây co phi kim loại có liên kết cứng đầu dây như ổ hoặc tương tự mà không có giảm chấn tần số thấp. Khớp nối cho phép góc xoay nhỏ nhất  $10^\circ$  theo cả phương đứng và ngang.

## 11.6 Sản xuất

Nhà sản xuất các thành phần phi kim loại của bộ phận dây co phải đưa ra tuổi thọ của các thành phần đó.

### 11.6.1 Tải trọng chứng thực của các bộ phận

Các ổ nối lắp ráp tại nhà máy phải được thử tải chứng thực tới 55 % cường độ kéo đứt quy định bởi nhà sản xuất của cáp và giữ tối thiểu 3 chu kỳ với tối thiểu mỗi chu kỳ 5 phút.

### 11.6.2 Ứng suất trước

Ứng suất trước được yêu cầu đối với các bộ phận dây co (không gồm bộ phận cách điện) kèm theo các phụ kiện nối đầu dây lắp đặt nhà máy tại hai đầu. Lực ứng suất trước đối với cáp bằng 45 % cường độ kéo đứt quy định bởi nhà sản xuất cáp.

### 11.6.3 Đo đặc chiều dài

Việc đo đặc chiều dài bộ phận dây co có các phụ kiện nối đầu dây lắp đặt nhà máy tại hai đầu cần được thực hiện dưới lực căng ban đầu thiết kế của cáp và đo sau khi căng xong.

### 11.6.4 Đánh dấu

Sau khi căng xong thì phải vạch một dải sơn dọc dây cáp.

### 11.6.5 Lắp đặt

Cáp hoặc các thiết bị khác phải được lắp đặt vào tầng đỡ để phòng ngừa sự lỏng do gió.

Các cáp có sọc phải được lắp đặt để cho sọc sơn là thẳng sau khi lắp đặt xong.

Lực căng ban đầu phải được đo đặc.

## 12. Các bộ phận cách điện

### 12.1 Phạm vi

Phần này đưa ra các yêu cầu tối thiểu đối với thiết kế các cách điện chân đế và dây co của kết cấu được thiết kế và sản xuất theo hướng dẫn này.

### 12.2 Thiết kế

Khi thiết kế bộ phận cách ly chân đế, cần xét tới lực kéo và nén, lực cắt ngang và mô men.

Khi các phụ kiện nối đầu dây bằng thép được dùng, chúng cần được rèn từ thép AISI cấp 1035; 1045 hoặc tương đương hoặc đúc từ thép thỏa mãn ASTM A27 [4] hoặc ASTM A148 [10] hoặc các tiêu chuẩn tương đương khác và được gia công - nhiệt phù hợp (làm lạnh nhanh và gia nhiệt, thông thường hoặc tôi).

Khả năng chịu lực tính toán của bộ phận cách ly chân đế và dây co được tính bằng  $\phi_i R_i$

trong đó:

$\phi_i = 0,5$  đối với cách điện phi kim loại có bộ phận an toàn, bằng 0,4 với cách điện phi kim loại khác;

$R_i$  là cường độ giới hạn của cách điện.

## 12.3 Sản xuất

Các bộ phận cách điện được thử tải tới 60 % cường độ tới hạn quy định bởi nhà sản xuất. Nhà sản xuất cách điện cần đưa ra tuổi thọ của sản phẩm này.

CHÚ THÍCH: Đối với cách điện biến dạng, nhà sản xuất cần ghi rõ quy trình vận chuyển, bảo quản và kiểm tra để đảm bảo độ toàn vẹn của sản phẩm.

## 13. Móng và neo

### 13.1 Phạm vi

Phần này đưa ra các tiêu chí đối với móng và neo cho kết cấu thiết kế theo hướng dẫn này.

### 13.2 Khảo sát địa chất

Công tác khảo sát được thực hiện theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

### 13.3 Khả năng chịu lực tính toán

Sức kháng tiêu chuẩn nhân với hệ số kháng phù hợp chỉ định trong mục này cần lớn hơn hoặc bằng lực tính toán từ các tổ hợp tải trọng ở 6.3.

CHÚ THÍCH: Khi các khuyến cáo về địa kỹ thuật được dựa trên sức kháng cho phép, sức kháng tiêu chuẩn của đất hoặc đá sẽ được xác định bằng cách nhân sức kháng cho phép với hệ số an toàn được khuyến cáo, nếu không có thì sử dụng hệ số an toàn bằng 2,0.

#### 13.3.1 Khả năng chịu lực tính toán của đất hoặc đá

Khả năng chịu lực tính toán của đất hoặc đá được tính bằng  $\phi_s R_s$ .

trong đó:

$\phi_s = 0,5$  đối với điều kiện tựa lên đất hoặc đá của chân cột dây co trên móng đơn, móng cọc, giếng chìm, bệ thép ;

$\phi_s = 0,75$  đối với điều kiện tựa lên đất hoặc đá của cột tự đứng trên móng đơn, móng bè, móng cọc, giếng chìm, bệ thép;

$\phi_s = 0,75$  đối với điều kiện chịu nhổ/nhấc trong đất hoặc đá của móng hoặc neo gồm móng đơn, neo chét, giếng chìm, bệ thép, móng cọc xiên;

$\phi_s = 0,5$  đối với điều kiện chịu nhổ/nhấc trong đất hoặc đá của móng hoặc neo sử dụng một thiết bị như bu lông đất/đá, chốt hoặc neo;



$\phi_s = 0,4$  đối với điều kiện chịu nhỏ/nhấc trong đất hoặc đá của móng hoặc neo sử dụng các cọc chịu lực không xiên có mặt cắt ngang hình côn;

$\phi_s = 0,75$  đối với sức kháng ngang hoặc ma sát trong đất hoặc đá của mọi loại móng;

$R_s$  là sức kháng tiêu chuẩn của đất.

**CHÚ THÍCH:** Đối với các phân tích móng có mô hình hóa độ cứng ngang của đất, phản lực tính từ tổ hợp tải trọng cực hạn trong phân tích sẽ được chia cho  $\phi$ . Nội lực và mô men móng từ phân tích móng sẽ được nhân với  $\phi_s$  để thiết kế móng về độ bền. Lực tính từ tổ hợp tải trọng sẽ không được điều chỉnh bởi hệ số  $\phi$  khi khảo sát chuyên vị đối với trạng thái giới hạn về sử dụng.

### **13.3.2 Khả năng chịu lực tính toán của kết cấu ngầm**

Khả năng chịu lực tính toán của móng bê tông, móng thép và neo được xác định theo ACI 318-05 [1] và AISC-LRFD-99 [37] hoặc tiêu chuẩn vật liệu tương ứng đối với các kết cấu vật liệu khác.

**CHÚ THÍCH:** Có thể sử dụng TCVN 5574:2012, TCVN 5575:2012 để tính toán, kiểm tra khả năng chịu lực của các cấu kiện nêu trên.

### **13.4 Chuyển vị**

Với các phân tích trạng thái giới hạn về độ bền và sử dụng của kết cấu, không cần xem xét tới chuyển vị của móng và neo, ngoại trừ đối với kết cấu được đỡ bởi duy nhất một móng giếng đơn hoặc với các loại móng khác trong một điều kiện hiện trường cụ thể có đất nhạy cảm với chuyển vị. Đối với điều kiện này, chuyển vị có thể được bỏ qua chỉ khi chuyển vị ngang tại cốt mặt đất bé hơn hoặc bằng 20 mm ứng với trạng thái giới hạn về sử dụng nêu ở 6.8.

### **13.5 Tải trọng động đất**

Khi kết cấu tháp rộng tự đứng được đỡ bởi các móng độc lập và nằm ở khu vực có gia tốc phổ động đất tại chu kỳ ngắn, các móng sẽ được liên kết với nhau bằng các dầm móng hoặc biện pháp tương đương. Dầm móng hoặc biện pháp tương đương chịu được 2/3 tổng lực cắt tính toán do động đất gây ra theo 6.7.1, nén và kéo.

Ngoại trừ: Các phương pháp khác có thể được sử dụng nếu kết cấu có khả năng chịu lực tương đương.

### **13.6 Điều kiện ngập nước**

Sự giảm trọng lượng vật liệu do đẩy nổi và ảnh hưởng tới đặc trưng của đất phải được xem xét khi thiết kế kết cấu trong điều kiện ngập nước.

## **14. Nối đất**

### **14.1 Phạm vi**

Mục này quy định về (a) trở kháng cho phép lớn nhất của hệ nối đất và (b) vật liệu dùng để thiết kế hệ thống nối đất.

### **14.2 Tổng quát**

Kết cấu phải được nối với đất bởi hệ nối đất chính. Với cột dây co, thanh neo hoặc cáp dây co cũng phải được nối với đất bởi hệ nối đất chính.

Mọi thiết bị điện và bộ phận phụ đỡ bởi kết cấu đều phải được nối với kết cấu bởi hệ nối đất phụ.

### **14.3 Trở kháng**

Tổng trở kháng của kết cấu nối với hệ nối đất chính so với khu vực đất xa không vượt quá 10  $\Omega$ . Tổng trở kháng đó được đo và tính toán tuân thủ theo IEEE 142-1991 [38].

### **14.4 Vật liệu nối đất**

Liên kết giữa kết cấu và điện cực nối đất hoặc cực dương nối đất hoặc liên kết giữa các điện cực phải phù hợp với điện cực và được hoàn thiện bằng chì có bề mặt tiếp xúc không nhỏ hơn 2/0 đặc.

Điện cực nối đất được, tối thiểu, có đường kính 16 mm, dài 3 m, bằng thanh kim loại làm từ đồng, đồng bọc thép, thép mạ kẽm hoặc hợp kim thép không gỉ. Chiều sâu chôn tối thiểu của điện cực nối đất là 3 m. Tất cả điện cực phải được nối dẫn điện với kết cấu, tuy nhiên chúng không cần thiết phải nối với nhau.

Với đất có trở kháng nhỏ hơn 50  $\Omega$ -m, điện cực nối đất bằng bản đồng có thể góp phần ăn mòn điện hóa. Trong trường hợp này, điện cực nối đất có thể được thay thế bởi cực dương nối đất hoặc phương pháp kiểm soát ăn mòn khác.

Các xem xét đặc biệt sẽ được áp dụng đối với công tác lắp đặt tháp AM.

## **15. Đánh dấu chướng ngại vật**

Kết cấu tháp thép phải được đánh dấu theo quy định hiện hành của nhà nước.

Đối với kết cấu tháp thép có yêu cầu sơn phủ cho mục đích đánh dấu chướng ngại vật, điểm kết thúc của một khoảng màu có thể cho phép trùng với bản nút của kết cấu mà bản nút này nằm trong khoảng 3 m của điểm kết thúc nếu tính toán theo các khoảng màu bằng nhau.

## **16. Thiết bị leo**

### **16.1 Phạm vi**

Phần này quy định các yêu cầu tối thiểu cho việc thiết kế và thi công thang cố định, thiết bị an toàn, móc neo an toàn, sàn công tác và lồng thang sử dụng khi leo hoặc làm việc trên kết cấu thông tin liên lạc.

## 16.2 Quy định chung

Trừ phi có yêu cầu khác, các kết cấu đỡ ăng ten cao quá 3 m và ăng ten để leo phải được trang bị tối thiểu một phương tiện leo với một thiết bị leo an toàn.

Để đảm bảo phù hợp với ống lồng an toàn của người leo, hệ thống đỡ cáp của thiết bị leo an toàn phải có thể xác nhận bằng kim loại được gắn tại chân đế của kết cấu để chỉ kích cỡ và loại cáp.

Đối với các hệ thống đỡ cáp, cáp có đường kính 10 mm được coi là chuẩn để tối thiểu các yêu cầu kích cỡ của ống lồng an toàn.

### CHÚ THÍCH:

(a) Khi ống lồng an toàn không liên tục trên toàn bộ chiều cao, các vị trí neo giữ cho người leo phải có sẵn với khoảng cách lớn nhất là 1,2 m trên toàn bộ chiều cao không có thiết bị leo an toàn.

(b) Thiết bị leo an toàn không yêu cầu cho từng bộ phận leo khi có nhiều bộ phận leo. Thiết bị leo an toàn phải có cho bộ phận leo liên tục trên toàn bộ chiều cao kết cấu.

(c) Các lồng thang và đai không nên dùng cho các kết cấu truyền thông do sự cần thiết đối phục vụ đối với kết cấu tại các địa điểm khác nhau. Miễn là không yêu cầu một thiết bị leo an toàn riêng biệt.

(d) Các thiết bị leo và leo an toàn không cần thiết được lắp đặt trên toàn bộ chiều cao của kết cấu khi sự lắp đặt sẽ gây bất lợi cho sự làm việc của ăng ten. Trong trường hợp này, kết cấu phải có bảng báo hoặc các vị trí neo giữ phải được trang bị theo các yêu cầu của mục chú thích (a).

(e) Kết cấu không được thiết kế để trang bị bộ phận leo trên toàn bộ chiều cao (ví dụ: kết cấu không dự định leo mà nó được thực hiện bảo trì bằng các phương tiện khác) thì không cần có biển báo.

## 16.3 Yêu cầu về điều kiện bền

Hệ số lực  $\alpha_L = 1,5$  được áp dụng cho các tải trọng tiêu chuẩn dưới đây:

Tải trọng tiêu chuẩn nhỏ nhất lên bậc thang là tải trọng tập trung có giá trị bằng 1,1 kN tác dụng theo hướng và vị trí bất lợi nhất.

Tải trọng tiêu chuẩn nhỏ nhất lên thang là tải trọng tập trung có giá trị bằng 2,2 kN theo phương đứng và 445 N theo phương ngang tác dụng đồng thời tại vị trí bất lợi nhất giữa các điểm gắn vào kết cấu liên nhau.

Tải trọng tiêu chuẩn lên chiếu nghỉ hoặc bộ gá ăng ten được thiết kế có thể tiếp cận bằng 1,1 kN.

Hoạt tải tiêu chuẩn phân bố đều nhỏ nhất lên sàn công tác bằng 1,2 kPa trên toàn bộ diện tích sàn công tác nhưng không nhỏ hơn 2,2 kN.

Hoạt tải tập trung tiêu chuẩn nhỏ nhất tác dụng theo mọi hướng lên tay vịn bằng 670 N. Hoạt tải phân bố tiêu chuẩn nhỏ nhất tác dụng theo mọi hướng lên tay vịn bằng 580 N/m (không tác dụng đồng thời với tải trọng tập trung).

Các thiết bị leo an toàn phải thỏa mãn yêu cầu tại phần 7.0 của ANSI A14.3-1992. Các điểm neo của thiết bị leo an toàn dạng cáp phải được thiết kế chịu tải trọng tiêu chuẩn theo phương đứng bằng 12 kN. Đối với thiết bị leo an toàn dạng ray được gắn vào thang, thì điểm đỡ thang phải được thiết kế với tải trọng tiêu chuẩn theo phương đứng bằng 6 kN cho mỗi 6 m chiều dài. Tải trọng tiêu chuẩn theo phương đứng nhỏ nhất lên điểm neo an toàn bằng 14,7 kN.

#### CHÚ THÍCH:

1. Yêu cầu về độ bền đối với thiết bị leo và thiết bị làm việc không cần xem xét chung với bất kỳ tổ hợp tải trọng khác.
2. Độ bền kháng uốn danh định của bu lông bậc có ren cần được xác định theo 4.7.1 sử dụng mô đun kháng uốn dẻo  $Z$ , căn cứ vào khả năng chịu kéo của đường kính chân bu lông bậc (xem 4.9.9).

#### 16.4 Yêu cầu về kích thước

Việc phân loại thiết bị leo và thiết bị làm việc phải căn cứ vào

Bảng 24 (cấp A hoặc B) để xác định yêu cầu về kích thước. Các yêu cầu về kích thước sau áp dụng cho tất cả các hệ thống trừ phi có yêu cầu khác:

- a) Khoảng cách từ tâm đến tâm giữa các bậc, giữa các bu lông bậc, hoặc giữa các cấu kiện kết cấu sử dụng để leo không được nhỏ hơn 250 mm và lớn hơn 406 mm; đối với hệ thống cấp A, khoảng cách này phải giữ đều trong suốt chiều dài leo với sai số trong phạm vi  $\pm 25$  mm;
- b) Khoảng cách thông thủy giữa các ray bên không được nhỏ hơn 300 mm, giá trị này cần được tăng thêm theo chiều rộng của ray an toàn khi sử dụng.
- c) Tất cả các bậc, gờ bậc, bu lông bậc và ray phải không được có mảnh dăm, cạnh gờ sắc, hoặc chỗ nhô ra có thể gây ra nguy hiểm;
- d) Đường kính của bu lông bậc không được nhỏ hơn 16 mm;
- e) Bề rộng bậc không được nhỏ hơn 16 mm, đường kính bậc tròn không được lớn hơn 38 mm, bề rộng bậc phẳng không được lớn hơn 50 mm;
- f) Chiều dài nhô ra của bu lông bậc không được nhỏ hơn 110 mm, nhằm đảm bảo chân của người leo không bị trượt khỏi đầu cuối của bu lông bậc;
- g) Đối với hệ thống cấp A, khoảng cách thông thủy nhỏ nhất của bậc, bu lông bậc, hoặc các cấu kiện của tháp là 100 mm theo phương đứng và 110 mm theo phương ngang và 180 mm theo chiều sâu;
- h) Khoảng lan rộng theo phương ngang tại điểm bắt bu lông bậc không được vượt quá 610 mm;
- i) Đối với hệ thống cấp A, khoảng cách thông thủy nhỏ nhất bằng 610 mm (xem Hình 21);
- j) Góc nghiêng của thang và thiết bị leo phải trong khoảng từ 60 độ đến 90 độ so với phương ngang. Trong mọi trường hợp độ nghiêng của thang và thiết bị leo không được dốc về phía người leo;
- k) Kích thước của bước, bậc và ray bên phải thống nhất trong cùng một chiều dài leo liên tục;
- l) Chiều cao nhỏ nhất của tay vịn phải là 1 070 mm;
- m) Khoảng cách lớn nhất giữa các chiếu nghỉ của kết cấu cao hơn 152 m là 46 m.

**CHÚ THÍCH:** Phải có biển báo hiệu đối với các kết cấu không thỏa mãn yêu cầu của phần này.

### **16.5 Điểm neo an toàn**

Các ví dụ về điểm neo an toàn phù hợp được thể hiện tại Phụ lục D.

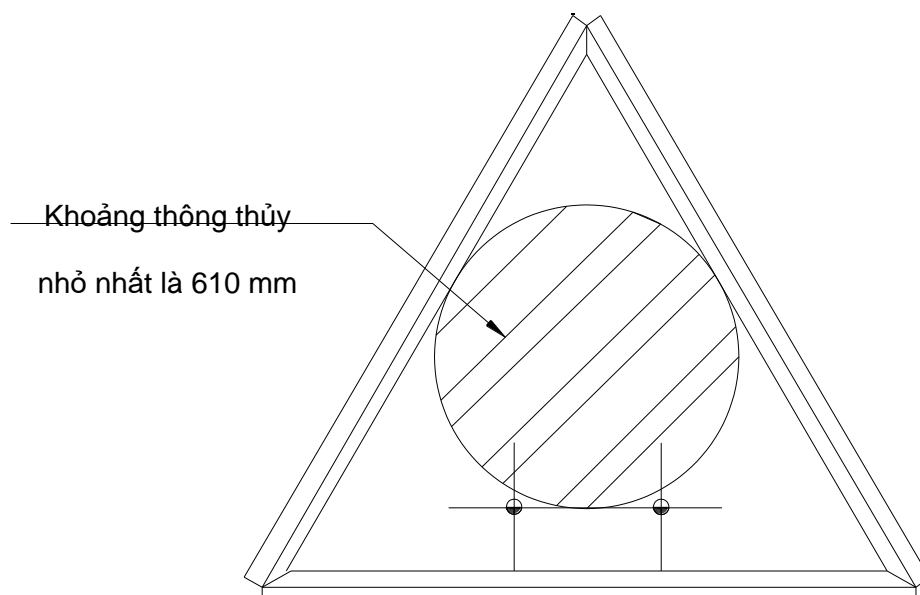
## **16.6 Sàn công tác**

Không cần phải có tấm đỡ đối với sàn công tác trên ăng ten hoặc kết cấu đỡ ăng ten.

Khi không có điểm neo an toàn, sàn công tác phải có lan can.

**Bảng 24 - Phân loại thiết bị leo và làm việc**

<b>Người sử dụng</b>	<b>Cấp</b>
Người leo qua huấn luyện và người leo chuyên nghiệp	A
Người leo chuyên nghiệp	B



**Hình 21 - Khoảng thông thủy nhỏ nhất cho hệ thống cấp A**

## **17. Hồ sơ thiết kế, sai số lắp đặt và đánh dấu**

### **17.1 Phạm vi**

Mục này quy định về các yêu cầu với hồ sơ thiết kế, sai số lắp dựng và đánh dấu thích hợp cho kết cấu được thiết kế theo hướng dẫn này. Mục này không quy định sự an toàn và ổn định của kết cấu trong quá trình tổ hợp và lắp dựng, đây là trách nhiệm của nhà thầu, dựa trên các thiết bị và phương pháp lựa chọn của nhà thầu.

### **17.2 Hồ sơ thiết kế**

Hồ sơ thiết kế, bản vẽ lắp dựng, hoặc các tài liệu khác phải được cung cấp để chỉ rõ sự cần thiết cho việc đánh dấu và chi tiết cho các phần lắp ráp và lắp đặt các cấu kiện, bao gồm kích thước cấu kiện, cường độ chảy dẻo của vật liệu cấu kiện kết cấu và cấp cường độ của bu lông. Phản lực ở chân công trình nếu được cung cấp là giá trị ứng với tải trọng tính toán.

Hồ sơ thiết kế phải quy định chi tiết cao độ của mỗi phụ kiện, số lượng ăng ten, chủng loại ăng

ten, số lượng bộ gá, chủng loại gá và kích thước dây đã được xét đến trong thiết kế.

Ngoài ra, hồ sơ thiết kế phải thể hiện tổng diện tích hình chiếu hữu hiệu của tất cả các ăng ten và bộ gá tại mỗi cao độ cùng với kích thước dây.

Hồ sơ thiết kế phải thể hiện các số liệu về địa điểm xây dựng sau sử dụng cho phân tích kết cấu:

Vận tốc gió cơ sở  $V_b$  (lấy trung bình trong 3 s, chu kỳ lặp 20 năm);

Áp lực gió tiêu chuẩn  $W_0$  (lấy trung bình trong 3 s, chu kỳ lặp 20 năm);

Dạng địa hình (A, B hoặc C) cho địa điểm xây dựng.

Phân cấp kết cấu (Đặc biệt, I, II hoặc III).

Dạng địa mạo (1, 2, 3, 4 hoặc 5).

Giá trị phổ gia tốc tại chu kỳ ngắn.

Phản lực tại chân công trình ứng với các tổ hợp tải trọng xem xét.

Các tham số thiết kế của đất nền hoặc nguồn số liệu.

### **17.3 Sai số**

#### **17.3.1 Chiều cao tổng thể**

Chiều cao tổng thể của kết cấu tổ hợp phải nằm trong khoảng +1,0 % và -1/2 % chiều cao chỉ định, không được vượt quá +1,5 m hoặc - 0,6 m.

#### **17.3.1 Lực căng trong dây**

Độ lệch lớn nhất của lực căng thiết kế ban đầu phải nằm trong khoảng (i)  $\pm 10\%$  đối với dây có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 25 mm và (ii)  $\pm 5\%$  đối với dây có đường kính lớn hơn 25 mm, so với lực căng thiết kế ban đầu quy định tại đầu neo, được hiệu chỉnh theo nhiệt độ môi trường xung quanh.

#### **17.3.2 Độ thẳng đứng**

Khoảng cách theo phương ngang giữa tâm trục thẳng đứng tại bất kỳ hai cao độ nào không được vượt quá 0,25 % khoảng cách theo phương đứng giữa hai cao độ đó.

#### **17.3.3 Độ vắn xoắn**

Độ vắn xoắn giữa bất kỳ hai cao độ không được vượt quá  $0,5^\circ$  cho mỗi 3 m chiều cao. Độ vắn xoắn lớn nhất trên suốt chiều cao kết cấu không được vượt quá  $5^\circ$ .



#### **17.3.4 Đầu nối di động**

Sai số chiều dài của đầu nối di động không được vượt quá  $\pm 10\%$  chiều dài thiết kế của đầu nối di động. Đầu nối phải được kéo liên nhau để đảm bảo tiếp xúc chặt chẽ.

#### **17.3.5 Độ thẳng**

Độ thẳng của các cấu kiện riêng lẻ phải nằm trong giới hạn 1/500, nhưng không cần nhỏ hơn 1,6 mm đối với chiều dài giữa các điểm có gối đỡ theo phương ngang.

#### **17.3.6 Đo đạc**

Công tác đo đạc phải được thực hiện tại thời điểm khi vận tốc gió nhỏ hơn 4,5 m/s tại cao độ nền công trình.

#### **17.3.7 Thiết bị cuộn**

Khi lắp đặt ban đầu, khả năng điều chỉnh cuộn nhỏ nhất sau khi kết cấu được chỉnh thẳng đứng và lực căng trong dây co được thiết lập là:

152 mm đối với dây co có đường kính danh định nhỏ hơn hoặc bằng 13 mm.

254 mm đối với dây co có đường kính danh định lớn hơn 13 mm.

#### **17.4 Đánh dấu**

Tất cả các cấu kiện kết cấu hoặc tổ hợp kết cấu hàn phải được đánh số, ngoại trừ phần cứng. Số hiệu phải tương ứng với bản vẽ lắp dựng. Số hiệu này phải được gắn vĩnh viễn (đóng dấu, hàn, đóng dấu lên cấu kiện hàn, v.v...) lên cấu kiện trước khi sơn phủ bảo vệ. Chiều cao chữ của số hiệu nhỏ nhất là 13 mm.

#### **18. Lắp đặt và bảo trì**

Nhà thầu phải xác định, thiết kế, chuẩn bị và lắp đặt các cấu kiện đỡ tạm thời như dây, giằng, khung, giàn gỗ hoặc các thành phần khác cần cho việc lắp dựng/điều chỉnh có xét đến tải trọng tác dụng lên kết cấu theo phương pháp thi công được lựa chọn.

Trong quá trình khai thác, sử dụng, tháp thép viễn thông phải được bảo trì theo các quy định hiện hành. Nội dung các công tác bảo trì được thực hiện theo Quyết định 55/QĐ-BXD ngày 25/01/2017 của Bộ Xây dựng về việc phê duyệt Quy trình kiểm định và Quy trình bảo trì công trình tháp thu phát sóng viễn thông, truyền thanh, truyền hình.

## Phụ lục A

(Tham khảo)

### Vật liệu dùng cho kết cấu thép

**Bảng A.1 – Thép các bon TCVN 1765 : 1975 [44]**

Mác thép	Độ bền kéo $F_u$ N/mm <sup>2</sup>	Giới hạn chảy $F_y$ , N/mm <sup>2</sup> , cho độ dày $t$ , mm			Độ giãn dài $\Delta$ , % , cho độ dày $t$ , mm		
		$\leq 20$	$20 < t \leq 40$	$40 < t \leq 100$	$\leq 20$	$20 < t \leq 40$	$> 40$
		Không nhỏ hơn			Không nhỏ hơn		
CT31	$\geq 310$	–	–	–	23	22	20
CT33s	từ 310 đến 400	–	–	–	35	34	32
CT33n, CT33	từ 320 đến 420	–	–	–	34	33	31
CT34s	từ 330 đến 420	220	210	200	33	32	30
CT34n, CT34	từ 340 đến 440	230	220	210	32	31	29
CT38s	từ 370 đến 470	240	230	220	27	26	24
CT38n, CT38	từ 380 đến 490	250	240	230	26	25	23
CT38nMn	từ 380 đến 500	250	240	230	26	25	23
CT42s	từ 410 đến 520	260	250	240	25	24	22
CT42n, CT42	từ 420 đến 540	270	260	250	24	23	21
CT51n, CT51	từ 510 đến 640	290	280	270	20	19	17
CT52nMn	từ 460 đến 600	290	280	270	20	19	17
CT61n, CT61	$\geq 610$	320	310	300	15	14	12

**Bảng A.2 – Tính năng cơ học của một số loại thép nước ngoài**

Nước	Ký hiệu thép	Loại thép	Ứng suất giới hạn nhỏ nhất		Ghi chú
			N/mm <sup>2</sup>		
			chảy $F_y$	bền đứt $F_u$	
Nga – Liên xô cũ (ГОСТ hay TY)	BCт3кп2–1	Thép các bon sôi	225	360	Thép tấm từ 11 mm đến 12 mm
	BCт3сп5–1	Thép các bon lạnh	245	370	
	09Г2	Thép hợp kim thấp	305	440	
	09 Г2С	Thép hợp kim thấp	325	470	
	14Г2	Thép hợp kim thấp	355	470	Thép tấm từ 4 mm đến 32 mm
	15XCHД	Thép hợp kim thấp	345	490	
	10XCHД	Thép hợp kim thấp	390	530	
Hoa kỳ (theo ASTM)	A36	Thép các bon	250	400	Các loại thép cán
	A500 gr.C	Thép các bon	345	427	Thép ống
	A570 gr.50	Thép các bon	345	450	Thép cuộn và tấm
	A572 gr.50	Thép hợp kim thấp	345	450	Thép tấm và hình
	A607 gr.65	Thép hợp kim thấp	450	550	Chống rỉ
	A514	Thép hợp kim nhiệt luyện	690	760	Thép tấm
Anh	BS 4360 gr.40	Thép kết cấu không hợp kim	240	340	≤ 16 mm
	BS 4360 gr.43	Thép kết cấu không hợp kim	275	410	
	BS 4360 gr.50	Thép kết cấu không hợp kim	355	480	
	BS 4360 gr.55	Thép hợp kim thấp	450	550	
Châu Âu (EN)	S235	Thép kết cấu không hợp kim	235	340	≤ 16 mm
	S275	Thép kết cấu không hợp kim	275	410	
	S355	Thép kết cấu không hợp kim	355	490	
	S460	Thép hợp kim thấp	460	550	
Nhật (JIS –	SS330	Thép kết cấu cán nóng	205	330	
	SS400	Thép kết cấu cán nóng	245	400	

Nước	Ký hiệu thép	Loại thép	Ứng suất giới hạn nhỏ nhất		Ghi chú
			N/mm <sup>2</sup>		
			chảy $F_y$	bền đứt $F_u$	
G3101)	SS490	Thép kết cấu cán nóng	275	490	≤ 16 mm
	SS540	Thép kết cấu cán nóng	400	540	
Trung Quốc	Số 3 (hay Q235)	Thép cac bon	235	370	≤ 16 mm
	16Mn (hay Q345)	Thép hợp kim thấp	345	510	
	15MnV (hay Q390)	Thép hợp kim thấp	390	530	
Úc	AS 3678 gr.250	Thép tấm	250	410	≤ 50 mm
	AS 3678 gr.300	Thép tấm	300	430	≤ 20 mm
	AS 3679 gr.250	Thép hình	250	410	≤ 40 mm
	AS 3679 gr.350	Thép hình	340	480	≤ 40 mm

**GHI CHÚ:** Các ký hiệu thép nêu trong bảng này chỉ gồm ký tự gốc nói lên tính chất cơ học, không ghi các ký tự đuôi nói lên đặc điểm sử dụng và chế tạo của thép / Thép có chung ký tự gốc đều dùng được trị số cho trong bảng, ví dụ: thép Anh BS 4360 gr.40B hay gr.40C dùng được trị số của BS 4360 gr. 40; thép châu Âu S355JOC dùng trị số như S355; thép Trung quốc Q235B–YF dùng được trị số như Q235.

## Phụ lục B

(Tham khảo)

### Tải trọng gió tính toán lên kết cấu ăng ten điển hình

Phụ lục này quy định dữ liệu tải trọng gió cho các ăng ten wifi và viba.

Khi các hướng phương vị của ăng ten tại chên cao đều trên kết cấu không được quy định thì các ăng ten phải được giả thiết phát sóng đối xứng quanh kết cấu.

#### B.1 Tải trọng đối với ăng ten wifi

Thiết bị phát sóng wifi bao gồm nhiều ăng ten được gắn trên sàn hoặc giá. Diện tích hình chiếu hữu hiệu ( $EPA$ ) được thể hiện trong phụ lục này được dự định dùng như các giá trị tiêu chuẩn giả định khi các ăng ten và các chi tiết gắn thực tế chưa được xác định (ví dụ: các tải trọng xuất hiện trong tương lai). Giá trị chuẩn cho các diện tích hình chiếu hữu hiệu đối với tất cả các ăng ten và sự sắp xếp có thể sử dụng là không thực tế. Trước khi gắn thêm một ăng ten wifi vào kết cấu được thiết kế với các giá trị diện tích hình chiếu hữu hiệu giả định thì phải tiến hành kiểm tra lại kết cấu với việc xem xét các ăng ten, bộ giá và các thiết bị gắn thêm đang và sẽ sử dụng theo hướng dẫn này.

**Bảng B.1**

Loại giá đỡ	$(EPA)_A$ ( $m^2$ )	$W^t$ (kN)	Dây truyền tín hiệu
Nhẹ (tối đa với 9 ăng ten)	6,5	3,3	Đường kính ngoài 51 mm
Nặng (tối đa với 12 ăng ten)	8,4	5,3	Đường kính ngoài 51 mm

CHÚ THÍCH: Đối với kết cấu rỗng, tất cả các đường ranh giới đối với cao độ của ăng ten phải được xem như trên một mặt của kết cấu. Giả thiết các đường ranh giới cho các ăng ten khác nhau được đặt trên các mặt cạnh nhau của kết cấu là có thể chấp nhận được.

#### B.2 Tải trọng đối với ăng ten viba điển hình

Dữ liệu hệ số lực gió trong phụ lục này cho ăng ten viba điển hình (bao gồm cả ăng ten dạng lưới) được mô tả trong hệ trục ăng ten có gốc tại đỉnh của bộ phản xạ. Lực dọc  $F_{AM}$  tác động dọc theo trục tọa độ của ăng ten. Lực bên  $F_{SM}$  tác động vuông góc với trục tọa độ của ăng ten. Mô men xoắn  $M_M$  tác động trong mặt phẳng chứa  $F_{AM}$  và  $F_{SM}$  (xem Hình B.1).

Trong tất cả các trường hợp, độ lớn của  $F_{AM}$ ,  $F_{SM}$ , và  $M_M$  phụ thuộc vào áp lực gió, diện tích choán

gió của ăng ten và đặc tính khí động của ăng ten. Đặc tính khí động của ăng ten thay đổi theo hướng gió. Các giá trị  $F_{AM}$ ,  $F_{SM}$ , và  $M_M$  được xác định theo các phương trình sau:

$$F_{AM} = q_z G_h C_{AA} \quad (\text{B-1})$$

$$F_{SM} = q_z G_h C_{SA} \quad (\text{B-2})$$

$$M_M = q_z G_h C_{MAD} \quad (\text{B-3})$$

trong đó:

$q_z$  là áp lực gió tại đỉnh của ăng ten (xem 2.6.9.6);

$G_h$  là hệ số gió giật (xem 2.6.7) (phụ thuộc vào loại kết cấu đỡ ăng ten);

$C_A$ ,  $C_S$  và  $C_M$  là các hệ số khí động như là hàm của hướng gió (xem các Bảng từ B-1 đến B-4);

$\theta$  là hướng gió (xem Hình B.1 cho các quy ước về chiều dương);

$A$  là diện tích giới hạn bởi đường bao của ăng ten;

$D$  là đường kính của ăng ten.

**Bảng B.2 - Hệ số lực gió cho ăng ten viba điển hình không có vòm bọc ăng ten**

Hướng gió, $\theta$ (độ)	$C_A$	$C_S$	$C_M$
0	1,5508	0,0000	0,0000
10	1,5391	-0,0469	-0,0254
20	1,5469	-0,0508	-0,0379
30	1,5547	-0,0313	-0,0422
40	1,5938	0,0078	-0,0535
50	1,6641	0,0898	-0,0691
60	1,6484	0,2422	-0,0871
70	1,3672	0,4570	-0,0078
80	0,7617	0,3789	0,1000
90	-0,0117	0,3438	0,1313
100	-0,4023	0,3828	0,1320
110	-0,4609	0,4141	0,1340
120	-0,4570	0,4570	0,1430
130	-0,4688	0,4688	0,1461
140	-0,5742	0,4453	0,1320
150	-0,7734	0,3906	0,1086
160	-0,8672	0,2930	0,0836
170	-0,9453	0,1445	0,0508
180	-1,0547	0,0000	0,0000
190	-0,9453	-0,1445	-0,0508
200	-0,8672	-0,2930	-0,0836
210	-0,7734	-0,3906	0,1086
220	-0,5742	-0,4453	-0,1320
230	-0,4688	-0,4688	-0,1461
240	-0,4570	-0,4570	-0,1430
250	-0,4609	-0,4141	-0,1340
260	-0,4023	-0,3828	-0,1320
270	-0,0117	-0,3438	-0,1313
280	0,7617	-0,3789	-0,1000
290	1,3672	-0,4570	0,0078
300	1,6484	-0,2422	0,0871
310	1,6641	-0,0898	0,0691
320	1,5938	-0,0078	0,0535
330	1,5547	0,0313	0,0422
340	1,5469	0,0508	0,0379
350	1,5391	0,0469	0,0254

**Bảng B.3 - Hệ số lực gió cho ăng ten viba điện hình có vòm bọc ăng ten**

Hướng gió, $\theta$ (độ)	$C_A$	$C_S$	$C_M$
0	0,8633	0,0000	0,0000
10	0,8594	0,1484	-0,0797
20	0,8203	0,2969	-0,1113
30	0,7617	0,4102	-0,1082
40	0,6641	0,4883	-0,0801
50	0,5469	0,5313	-0,0445
60	0,4180	0,5000	-0,0008
70	0,3125	0,4609	0,0508
80	0,2266	0,4375	0,1047
90	0,1328	0,4063	0,1523
100	0,0313	0,3906	0,1695
110	-0,0664	0,3711	0,1648
120	-0,1641	0,3477	0,1578
130	-0,2930	0,3203	0,1395
140	-0,4102	0,3047	0,0906
150	-0,5195	0,2734	0,0516
160	-0,6016	0,2266	0,0246
170	-0,6563	0,1484	0,0086
180	-0,6914	0,0000	0,0000
190	-0,6563	-0,1484	-0,0086
200	-0,6016	-0,2266	-0,0246
210	-0,5195	-0,2734	-0,0516
220	-0,4102	-0,3047	-0,0906
230	-0,2930	-0,3203	-0,1395
240	-0,1641	-0,3477	-0,1578
250	-0,0664	-0,3711	-0,1648
260	0,0313	-0,3906	-0,1695
270	0,1328	-0,4063	-0,1523
280	0,2266	-0,4375	-0,1047
290	0,3125	-0,4609	-0,0508
300	0,4180	-0,5000	0,0008
310	0,5469	-0,5313	0,0445
320	0,6641	-0,4883	0,0801
330	0,7617	-0,4102	0,1082
340	0,8203	-0,2969	0,1113
350	0,8594	-0,1484	0,0797

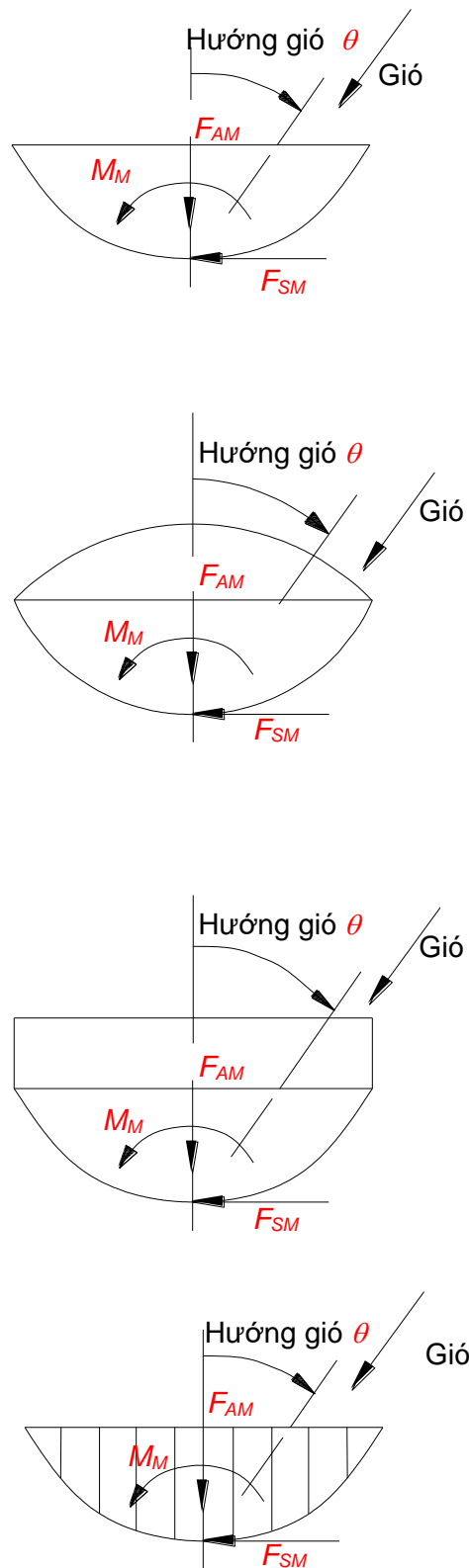


**Bảng B.4 - Hệ số lực gió cho ăng ten viba điển hình có vỏ che trụ**

Hướng gió, $\theta$ (độ)	$C_A$	$C_S$	$C_M$
0	1,2617	0,0000	0,0000
10	1,2617	0,0977	-0,0281
20	1,2500	0,1758	-0,0453
30	1,2109	0,2344	-0,0520
40	1,1563	0,2813	-0,0488
50	1,0859	0,3047	-0,0324
60	0,9453	0,3672	-0,0086
70	0,6719	0,4766	0,0227
80	0,2734	0,5820	0,0695
90	-0,1094	0,6250	0,0980
100	-0,3438	0,6016	0,1125
110	-0,5391	0,5313	0,1141
120	-0,7109	0,4375	0,1039
130	-0,8594	0,3125	0,0926
140	-0,9336	0,2305	0,0777
150	-0,9570	0,1758	0,0617
160	-0,9727	0,1484	0,0438
170	-0,9961	0,0977	0,0230
180	-1,0156	0,0000	0,0000
190	-0,9961	-0,0977	-0,0230
200	-0,9727	-0,1484	-0,0438
210	-0,9570	-0,1758	-0,0617
220	-0,9336	-0,2305	-0,0777
230	-0,8594	-0,3125	-0,0926
240	-0,7109	-0,4375	-0,1039
250	-0,5391	-0,5313	-0,1137
260	-0,3438	-0,6016	-0,1125
270	-0,1094	-0,6250	-0,0980
280	0,2734	-0,5820	-0,0695
290	0,6719	-0,4766	-0,0227
300	0,9453	-0,3672	0,0086
310	1,0859	-0,3047	0,0324
320	1,1563	-0,2813	0,0488
330	1,2109	-0,2344	0,0520
340	1,2500	-0,1758	0,0453
350	1,2617	-0,0977	0,0281

**Bảng B.5 - Hệ số lực gió cho ăng ten lưới viba điển hình**

Hướng gió, $\theta$ (độ)	$C_A$	$C_S$	$C_M$
0	0,5352	0,0000	0,0000
10	0,5234	0,1016	0,0168
20	0,5078	0,1797	0,0289
30	0,4609	0,2305	0,0383
40	0,4063	0,2617	0,0449
50	0,3438	0,2734	0,0496
60	0,2344	0,2813	0,0527
70	0,1289	0,2734	0,0555
80	0,0391	0,2500	0,0492
90	-0,0508	0,2422	0,0434
100	-0,1172	0,2734	0,0469
110	-0,1875	0,2852	0,0504
120	-0,2656	0,2773	0,0512
130	-0,3359	0,2617	0,0496
140	-0,4063	0,2344	0,0445
150	-0,4766	0,2031	0,0371
160	-0,5469	0,1563	0,0273
170	-0,5859	0,0859	0,0148
180	-0,5938	0,0000	0,0000
190	-0,5859	-0,0859	-0,0148
200	-0,5469	-0,1563	-0,0273
210	-0,4766	-0,2031	-0,0371
220	-0,4063	-0,2344	-0,0445
230	-0,3359	-0,2617	-0,0496
240	-0,2656	-0,2773	-0,0512
250	-0,1875	-0,2852	-0,0504
260	-0,1172	-0,2734	-0,0469
270	-0,0508	-0,2422	-0,0434
280	0,0391	-0,2500	-0,0492
290	0,1289	-0,2734	-0,0555
300	0,2344	-0,2813	-0,0527
310	0,3438	-0,2734	-0,0496
320	0,4063	-0,2617	-0,0449
330	0,4609	-0,2305	-0,0383
340	0,5078	-0,1797	-0,0289
350	0,5234	-0,1016	-0,0168



Hình B.1 - Các lực gió lên ăng ten viba điển hình

## Phụ lục C

(Tham khảo)

### Các giới hạn về xoắn và lắc cho các ăng ten viba

Phụ lục này quy định các giới hạn về xoắn và lắc cho kết cấu đỡ ăng ten đối với điều kiện giới hạn về sử dụng

Các giới hạn về xoắn và lắc cho kết cấu tại cao độ của ăng ten,  $\theta$ , phải được tính toán như sau:

a) Đối với ăng ten viba có sự giảm sút cho phép 10 dB tại mức tín hiệu tần số radio:

$$\theta = \frac{C_{10}}{D\alpha} \quad (\text{C-1})$$

b) Đối với ăng ten viba có sự giảm sút cho phép 3 dB tại mức tín hiệu tần số radio:

$$\theta = \frac{C_3}{D\alpha} \quad (\text{C-2})$$

trong đó:

$\theta$  là giới hạn biến dạng xoắn và lắc (độ);

$C_{10} = 16,2$  (GHz.m.độ);

$C_3 = 9,45$  (GHz.m.độ);

$D$  là đường kính ngoài chảo ăng ten;

$\alpha$  là tần số chảo (GHz).

#### CHÚ THÍCH:

1. Không có ý định rằng các giá trị tính toán của  $\theta$  bao hàm độ chính xác của sự xác định bề rộng dầm hoặc sự tính toán độ cứng kết cấu thông qua các giá trị thực tế đã biết và các phương thức tính toán. Đối với đa số các kết cấu đỡ ăng ten viba thì không thực tế để quy định độ cứng kết cấu được tính toán nhỏ hơn  $0,25^\circ$  cho xoắn và lắc với vận tốc gió cơ bản 26,8 m/s.

## **Phụ lục D**

(Tham khảo)

### **Sự đứt cáp néo**

#### **D.1 Phạm vi**

Phụ lục này quy định phương pháp tính tương đương đơn giản hóa. Phương pháp này được dùng để kiểm tra trường hợp đứt cáp néo.

#### **D.2 Giới thiệu**

Sự phân tích chính xác của cột dây co đối với các tác động động gây bởi sự đứt cáp đột ngột của cáp néo là rất phức tạp, nó phụ thuộc vào các đặc tính của sự đứt, độ cản nhót của kết cấu, dao động của cáp néo, cột dây co, v.v.... Phương pháp tính tương đương để mô phỏng sự ứng xử của kết cấu ngay sau khi đứt cáp.

Phương pháp được dùng ở đây sử dụng các tiêu chí đơn giản sau:

- (1) Sự đứt cáp là hiện tượng cáp bị đứt.
- (2) Năng lượng đàn hồi trong cáp trước khi bị đứt được bỏ qua.
- (3) Độ cản nhót được bỏ qua.
- (4) Tải trọng gió khi xảy ra sự cố đứt cáp là nhỏ nhất và được bỏ qua.
- (5) Đối với tầng neo cáp liên quan đến bộ ổn định xoắn, hai cáp néo trong cùng hướng được giả thiết bị đứt (Chú ý: các hiệu ứng xoắn của cáp đơn ứng với các bố trí cáp là ngoài phạm vi của phụ lục này). Cột dây co có chỉ một tầng neo cáp phải được liên kết xuống nền để chịu được sự đứt cáp néo.

Phương pháp này thay thế các lực động tác động lên cột ngay sau khi cáp néo đứt bằng một lực tĩnh ngang tương đương ( $F_{dyn}$ ) tác động lên cột tại cao độ néo cáp bị đứt (xem Hình D-1).

#### **D.3 Phương pháp phân tích**

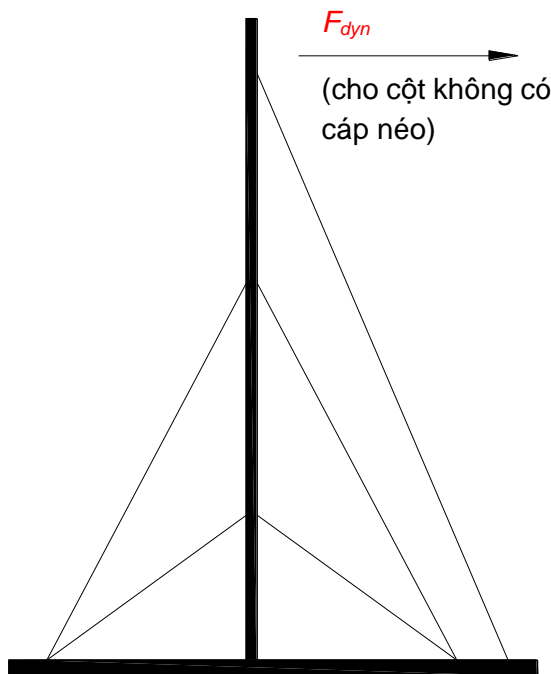
1. Các cáp néo còn lại không bao gồm cáp bị đứt (cáp 1) được phân tích như một hệ với cột được thay thế một gối đỡ đứng dưới tác động của một lực ngang,  $F$ , theo hướng của cáp bị đứt. Đường cong 1 (Hình D-2) được tạo cho các giá trị khác nhau của  $F$  bởi vẽ tổng các thành phần ngang theo hướng song song với  $F$  của các cáp không bị đứt tại các cao độ cáp không bị đứt với các độ võng tương ứng của hệ cáp néo tại các cao độ cáp không bị đứt từ điều kiện căng ban đầu (Chú ý

rằng độ võng tăng khi lực ngang  $F$  giảm).

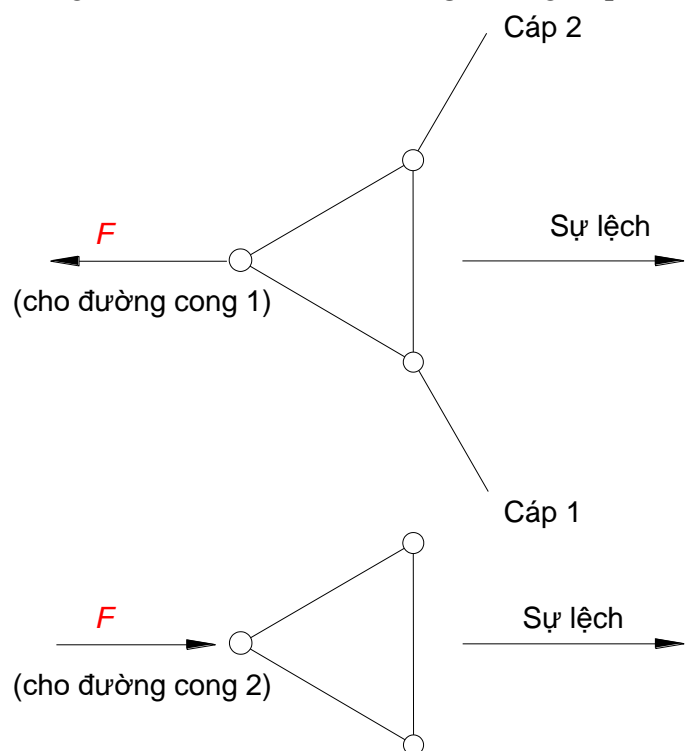
2. Kết cấu được phân tích với tất cả các cáp được bỏ tại cao độ cáp bị đứt cho các giá trị khác nhau của  $F$  tác động theo hướng ngược với cáp bị đứt. Đường cong 2 (xem Hình D-2) tạo ra các giá trị khác nhau của  $F$  và được vẽ với các độ võng tương ứng của cột từ điều kiện căng ban đầu (Chú ý rằng độ võng tăng khi lực ngang  $F$  tăng).

3. Diện tích dưới đường cong 1 thể hiện năng lượng bị mất của các cáp không bị đứt khi cột bị nghiêng theo hướng của cáp. Diện tích dưới đường cong 2 thể hiện năng lượng được hấp thụ bởi kết cấu bị nghiêng do lực ngang bên ngoài. Lực tĩnh tương đương cho trường hợp đứt cáp,  $F_{dyn}$  tương ứng với độ lớn của lực ngang  $F$  được yêu cầu tạo ra diện tích dưới đường cong 2 cân bằng với diện tích dưới đường cong 1 (xem Hình D-2).

4.  $F_{dyn}$  tác dụng lên kết cấu (với hệ số tải trọng bằng 1) theo hướng ngược với cáp bị đứt (xem Hình D-1) cho tất cả các cáp được loại bỏ tại cao độ liên kết cáp (Chú ý trong trường hợp này, kết cấu hấp thụ năng lượng bị mất trong hệ thống cáp không bị đứt do sự di chuyển tương ứng với cáp bị đứt. Sự bảo toàn năng lượng này được yêu cầu để duy trì sự cân bằng của kết cấu. Các lực trong cấu kiện của kết cấu để phòng theo các lực trong cấu kiện được tạo ra trong trường hợp đứt cáp).

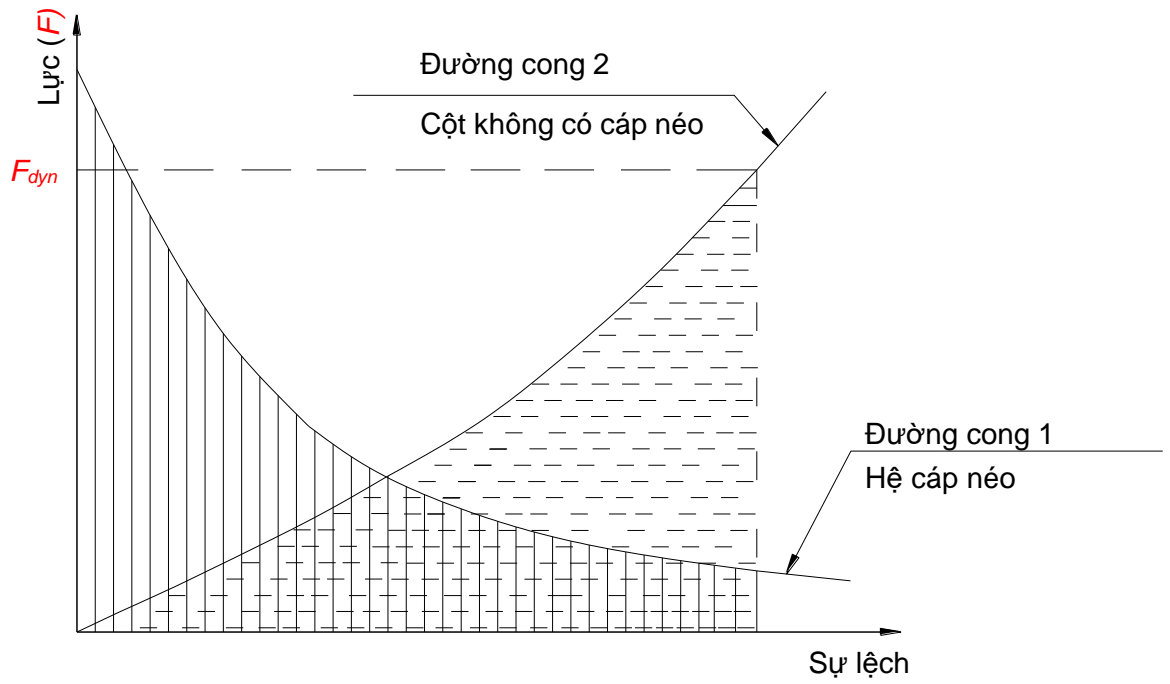


(a) Mặt đứng



(b) Mặt bằng tại cao độ cáp bị đứt

Hình D.1 - Trường hợp cáp bị đứt



$F_{dyn}$  được định nghĩa là lực tương ứng với điểm dọc theo đường cong 2 mà tại đó diện tích dưới đường cong 2 bằng diện tích dưới đường cong

Hình D.2 - Xác định lực  $F_{dyn}$

## Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ACI 318-05, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Tiêu chuẩn thiết kế về bê tông cốt thép)*
- [2] API-5L (2007), *Specification for line pipe (Quy định định kỹ thuật cho ống)*
- [3] ASTM A6/A6 M-16A, *Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling (15 November 2016) (Yêu cầu kỹ thuật đối với các yêu cầu chung cho thép thanh, thép tấm, thép hình và cọc thép cán nóng (15 tháng 11 năm 2016))*
- [4] ASTM A27/A27M – 13 (2016), *Standard Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application (Yêu cầu kỹ thuật đối với đúc thép, các bon cho các ứng dụng chung)*
- [5] ASTM A36/A36M – 14 (2014), *Standard Specification for Carbon Structural Steel (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép kết cấu các bon)*
- [6] ASTM A53/A53M-12 (2012), *Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless (Yêu cầu kỹ thuật đối với Ống, thép, mạ kẽm nhúng nóng, hàn và và không nối)*
- [7] ASTM A106/A105M-15 (2015), *Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (Yêu cầu kỹ thuật đối với ống thép các bon không đường nối cho mục đích sử dụng nhiệt độ cao)*
- [8] ASTM A123/A123M – 15 (2015), *Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products (Yêu cầu kỹ thuật đối với lớp phủ kẽm (mạ nhúng nóng) cho các sản phẩm gang và thép)*
- [9] ASTM A153/A153M - 16A (2016), *Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware (Yêu cầu kỹ thuật đối với lớp phủ kẽm (mạ nhúng nóng) cho các sản phẩm gang và thép)*
- [10] ASTM A148/A148M - 15A (2015), *Standard Specification for Steel Castings, High Strength, for Structural Purposes (Yêu cầu kỹ thuật đối với đúc thép, cường độ cao cho các mục đích kết cấu)*
- [11] ASTM A242/A242M – 13 (2013), *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy*



*Structural Steel (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép kết cấu hợp kim thấp có độ bền cao).*

- [12] ASTM A325 -14 (2014), *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength (Yêu cầu kỹ thuật đối với bu lông bằng thép, gia công nhiệt với cường độ chịu kéo tối thiểu bằng 120/105 ksi)*
- [13] ASTM A370-17 (2017), *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (Các phương pháp thử và định nghĩa cho thử nghiệm cơ học của các sản phẩm thép)*
- [14] ASTM A475-03 (2014), *Standard Specification for Zinc-Coated Steel Wire Strand (Yêu cầu kỹ thuật đối với sợi thép mạ kẽm)*
- [15] ASTM A490-14A (2014), *Standard Specification for Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength (Yêu cầu kỹ thuật đối với bu lông, thép hợp kim, xử lý nhiệt, cường độ kéo tối thiểu 150 ksi)*
- [16] ASTM A500/A500M-13 (2013), *Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes (Yêu cầu kỹ thuật đối với ống thép các bon không đường nối và hàn tạo nguội dạng tròn hoặc hình)*
- [17] ASTM A501/A501M-14 (2014), *Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing (Yêu cầu kỹ thuật đối với ống thép các bon không đường nối và hàn tạo nóng dạng tròn hoặc hình)*
- [18] ASTM A514/A514M-14 (2014), *Standard Specification for High-Yield-Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép tấm hợp kim được ram, tôi nhiệt, cường độ chảy cao, phù hợp cho hàn)*
- [19] ASTM A529/A529-14 (2014), *Standard Specification for High-Strength Carbon-Manganese Steel of Structural Quality (Yêu cầu kỹ thuật đối với chất lượng của thép Magê - Các bon cường độ cao)*
- [20] ASTM A572/A572-15 (2015), *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép columbi - vanadi hợp kim thấp cường độ cao)*
- [21] ASTM A586-04a (2014), *Standard Specification for Zinc-Coated Parallel and Helical Steel Wire Structural Strand (Yêu cầu kỹ thuật đối với cáp sợi thép xoắn và song song mạ kẽm)*

- [22] ASTM A588/A588M-15 (2015), *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance* (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép hợp kim thấp cường độ cao, giới hạn chảy tối thiểu lên đến 50 ksi [345 MPa], với khả năng chống ăn mòn do khí hậu)
- [23] ASTM A603-98 (2014), *Standard Specification for Zinc-Coated Steel Structural Wire Rope* (Yêu cầu kỹ thuật đối với cáp sợi thép mạ kẽm)
- [24] ASTM A606/A606M-15, *Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, with Improved Atmospheric Corrosion Resistance* (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép, thép tấm và thép lá cường độ cao, hợp kim thấp, cán nóng và cán nguội với khả năng chống ăn mòn do khí hậu)
- [25] ASTM A618/A618M-04 (2015), *Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless High-Strength Low-Alloy Structural Tubing* (Yêu cầu kỹ thuật đối với ống thép hợp kim thấp cường độ cao không đường nối và hàn tạo nóng)
- [26] ASTM A633/A633M-13, *Standard Specification for Normalized High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plates* (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép tấm hợp kim thấp cường độ cao được chuẩn hóa)
- [27] ASTM A780/ A780M - 09(2015), *Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings* (Thực hành về sửa chữa cho các vùng không phủ và bị hư hỏng của các lớp mạ nhúng nóng)
- [28] ASTM A871 / A871M – 14 (2014), *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel Plate With Atmospheric Corrosion Resistance* (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép tấm hợp kim thấp, cường độ cao với khả năng chống ăn mòn do khí hậu)
- [29] ASTM A913/A913M-15 (2015), *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel Shapes of Structural Quality, Produced by Quenching and Self-Tempering Process (QST)* (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép hình hợp kim thấp, cường độ cao về chất lượng, được chế tạo bởi quá trình tự ram và tôi)
- [30] ASTM A992 / A992M - 11(2015), *Standard Specification for Structural Steel Shapes* (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép hình)
- [31] ASTM A1008 / A1008M – 16, *Standard Specification for Steel, Sheet, Cold-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved*

*Formability, Solution Hardened, and Bake Hardenable (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép, thép tấm, hợp kim thấp, cường độ cao, các bon, cán nguội với tôi cứng bằng nung ủ, khả năng hoạt động cải thiện)*

- [32] ASTM A1011/A1011M-15, *Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép, thép tấm và thép lá cán nóng, các bon, hợp kim thấp cường độ cao, hợp kim thấp cường độ cao với khả năng hoạt động cải thiện và cường độ siêu cao)*
- [33] ASTM B6-13, *Standard Specification for Zinc (Yêu cầu kỹ thuật đối với kẽm)*
- [34] ASTM B415 -16, *Standard Specification for Hard-Drawn Aluminum-Clad Steel Wire (Yêu cầu kỹ thuật đối với thép bọc nhôm kéo nguội)*
- [35] ASTM B416 - 98(2013), *Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum-Clad Steel Conductors (Yêu cầu kỹ thuật đối với dây dẫn thép bọc nhôm bó đồng trục)*
- [36] ASTM B695 - 04(2016), *Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel (Yêu cầu kỹ thuật đối với lớp phủ kẽm lên gang và thép)*
- [37] AISC LRFD-99 (1999), *Load and resistance factor design specification for structural steel buildings (Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép theo phương pháp trạng thái giới hạn)*
- [38] IEEE 142-1991, *Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (Hướng dẫn thực hành cho việc nối đất các hệ thống điện công nghiệp và thương mại)*
- [39] ASTM A568 / A568M - 17a, *Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for (Tiêu chuẩn kỹ thuật cho thép, tấm, các bon, kết cấu, và độ bền cao, hợp kim thấp, cán nóng và cán nguội, Yêu cầu chung)*
- [40] AWS D1.1-04, *Structural Welding Code-Steel (Tiêu chuẩn hàn kết cấu – Thép)*
- [41] ASTM A354, *Standard Specification for Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners (Tiêu chuẩn kỹ thuật cho thép đúc và thép hợp kim, Studs, và các ốc vít ren ngoài khác)*
- [42] AISI 1035, *Carbon Steel (UNS G10350) (Thép các bon)*
- [43] AISI 1045 *Medium Carbon Steel (Thép các bon trung bình)*

[44] TCVN 1765 : 1975, *thép các bon kết cấu thông thường - Mác thép và yêu cầu kỹ thuật*

---