

Phân tích nguyên nhân sự cố gãy, đổ cột điện bê tông ly tâm trong thiết kế

Analyse the causes of concrete centrifugal electric poles breakdown in design

Vũ Hoàng Hiệp⁽¹⁾, Đỗ Việt Hà⁽²⁾, Phạm Minh Hà⁽³⁾

Tóm tắt

Cột điện bê tông cốt thép ly tâm được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống truyền tải điện trung và hạ thế dưới 35kV. Sự cố xảy ra vào mỗi mùa mưa bão, đặc biệt là trong các cơn bão Mirinae (2016), Doksuri (2017), Damry (2017),... đã có nhiều cột điện bê tông cốt thép ly tâm bị gãy, đổ. Sự cố này gây ảnh hưởng xấu đến kinh tế - xã hội của các địa phương. Bài báo này trình bày các kết quả khảo sát, phân tích sự cố gãy đổ cột bê tông cốt thép ly tâm từ nhóm nguyên nhân do thiết kế. Từ đó đề xuất giải pháp khắc phục, kiểm soát chất lượng công trình.

Từ khóa: Cột điện, bê tông ly tâm, Bê tông cốt thép, Gió bão, Sự cố

Abstract

Reinforced concrete centrifugal electric poles have frequently been used in medium and low-voltage transmission systems below 35kV. The incident has occurred during hurricane seasons, especially during storms such as Mirinae (2016), Doksuri (2017), Damry (2017), etc., many electric poles were broken down. This breakdown harmed the socioeconomic of the localities. This paper presents the results of the survey and analysis the reinforced concrete centrifugal electric poles' breakdown from design causes. From there, propose solutions to overcome and control the quality of the work.

Key words: Electric pole, centrifugal concrete, reinforced concrete, storm-wind, breakdown

1. Giới thiệu

Trong thực tế tại Việt Nam, cột điện bê tông cốt thép (BTCT) ly tâm được sử dụng phổ biến trong các công trình đường dây truyền tải điện trên không (ĐDK) trung áp (có điện áp 0,4kV-35kV) và hạ áp (có điện áp 220V-380V).

Các công trình đường dây truyền tải điện vốn được xây dựng và quản lý từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm: vốn ngân sách, vốn từ các doanh nghiệp, từ các nhà đầu tư, từ địa phương và một số có nguồn gốc không rõ ràng. Do bộc lộ nhiều yếu kém từ cơ sở hạ tầng, khả năng quản lý và vận hành tại địa phương, cản trở sự phát triển kinh tế chung nên Nhà nước có chủ trương phải bàn giao lưới điện phân phối, đặc biệt là lưới điện hạ thế về ngành Điện quản lý tập trung, giúp người dân sử dụng điện an toàn, ổn định. Quá trình bàn giao lưới điện nông thôn từ các địa phương cho Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) được bắt đầu vào năm 1998, hoàn thành vào cuối năm 2018. Như vậy có thể nói, hệ thống công trình đường dây truyền tải điện quốc gia nói chung, hệ thống các cột điện bê tông cốt thép ly tâm trung và hạ áp mà EVN quản lý hiện nay nói riêng rất đa dạng về nguồn gốc, thiếu thống nhất về cơ sở thiết kế, sản xuất và thi công.

Về chủng loại, các loại cột điện BTCT ly tâm hiện đang phục vụ trong các công trình ĐDK trên cả nước có cả cột dự ứng lực và cột không dự ứng lực, được chế tạo theo các tiêu chuẩn cũ và mới, thậm chí không tuân thủ tiêu chuẩn.

Mặc dù hệ thống tiêu chuẩn thiết kế, quy trình sản xuất và lắp dựng được cho là khá đầy đủ nhưng sự cố đổ, gãy cột điện BTCT ly tâm sau các cơn bão vẫn xảy ra, đặc biệt cột bị gãy, đổ nhiều trong các đợt: Ngày 27/7/2016, cơn bão số 1 (bão Mirinae) đổ bộ vào Bắc bộ gây thiệt hại nặng cho các tỉnh, thành phố như Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định và cả khu vực Hà Nội [8]; Cơn bão số 10 (Doksuri) đổ bộ vào Hà Tĩnh và Quảng Bình ngày 15/9/2017 [9]; Cơn bão số 12 (Damry) đổ bộ vào Khánh Hòa, Ninh Thuận ngày 3/11/2017 [10]...

Sự cố cột điện gãy, đổ không chỉ gây thiệt hại về kinh tế do phải sửa chữa, thay thế mà hơn thế, sự cố mất điện diện rộng ảnh hưởng nhiều đời sống và hoạt động sản xuất tại các địa bàn chịu ảnh hưởng bão. Vì vậy, việc khảo sát, đánh giá, phân tích, tìm ra nguyên nhân để khắc phục, kiểm soát chất lượng và đảm bảo an toàn lưới điện là cấp thiết.

Cũng không khó để nhận thấy những nhóm nguyên nhân có thể gây ra sự cố gãy, đổ cột điện BTCT ly tâm, như: công tác thiết kế, sản xuất chế tạo, thi công lắp dựng, bảo trì, khai thác vận hành, công tác quản lý... nhất là nguồn gốc xuất xứ của các cột điện rất đa dạng, phức tạp như đã trình bày trên đây. Nội dung của nghiên cứu này chỉ trình bày tập trung vào nhóm nguyên nhân do thiết kế, qua công tác kiểm định, đánh giá các cột điện bị sự cố tại một số địa phương.

2. Nội dung tính toán tải trọng

2.1. Các loại tải trọng tác động vào cột điện và đường dây

Tải trọng cơ học lên cột chia làm 3 loại: dài hạn, ngắn hạn và đặc biệt.

- Tải trọng dài hạn gồm: trọng lượng cột, dây, xà, sứ, lực kéo của dây ở nhiệt độ trung bình.

- Tải trọng ngắn hạn gồm: áp lực gió lên dây, lên cột, tải trọng khi xây lắp.

- Tải trọng đặc biệt xuất hiện khi đứt dây.

Căn cứ theo phương tác dụng của tải trọng lên cột gồm tải trọng phương ngang và thẳng đứng:

- Tải trọng theo phương ngang gồm: tải trọng gió lên cột, tải trọng gió lên

(1)PGS.TS, Khoa Xây dựng,
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội,
Email: <vuhoanghiiep@hau.edu.vn>

(2)KS, Cục Giám định nhà nước về chất lượng
công trình xây dựng, Bộ Xây dựng

(3)PGS.TS, Cục Giám định nhà nước về chất
lượng công trình xây dựng, Bộ Xây dựng



Hình 1. Cột điện bị gãy tại Nam Định



Hình 2. Cột điện bị gãy tại Quảng Bình

dây dẫn và dây chống sét, tải trọng do sức căng của dây.

- Tải trọng thẳng đứng gồm: trọng lượng cột, trọng lượng chuỗi sứ, phụ tùng (đối với lưới trung - hạ áp tải trọng này có thể bỏ qua), trọng lượng dây, tải trọng xây lắp (đối với ĐDK trung áp lấy là 1000N).

Với sự cố gãy đổ cột điện BTCT ly tâm ĐDK trung áp và hạ áp xảy ra tập trung trong các cơn bão, do vậy nội dung tính toán tải trọng sẽ tập trung phân tích cách xác định tải trọng gió lên công trình.

2.2. Xác định tải trọng gió lên cột điện và đường dây

Các quy định, hướng dẫn chung của ngành Điện, Bộ Công nghiệp (Bộ Công thương ngày nay) trong việc tính toán tải trọng gió vào cột, vào dây dẫn đều nêu nguyên tắc tính toán tải trọng gió tuân thủ tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 2737:1995 [2]. Tuy nhiên do TCVN 2737:1995 không có hướng dẫn riêng các hệ số lấy đối với kết cấu dạng cột và dây dẫn, nên có 2 tài liệu kỹ thuật để tư vấn thiết kế ngành Điện sử dụng làm cơ sở xác định tải trọng gió là: Quy định kỹ thuật điện nông thôn năm 2006 [3] (QĐKT.ĐNT-2006) và Quy định về công tác Thiết kế dự án lưới điện phân phối cấp điện áp đến 35kV của Tập đoàn Điện lực Việt Nam năm 2017 [4] (QĐTK.EVN-2017). Ngoài ra nghiên cứu này cũng sẽ tham chiếu quy định của Tiêu chuẩn quốc gia về an toàn điện Hoa Kỳ - National Electrical Safety Code (NESC) [7] để phân tích về vấn đề xác định tải trọng gió vào công trình ĐDK.

a) Xác định tải trọng gió theo QĐKT.ĐNT-2006

- Áp lực gió tác dụng vào cột được tính theo công thức:

$$P_c = q.K.F.C_x \text{ [daN]} \quad (1)$$

trong đó:

q: áp lực gió tính toán theo TCVN 2737:1995.

K: hệ số quy đổi phụ thuộc vào chiều dài khoảng vượt của cột.

Nếu khoảng cột $\leq 50\text{m}$ thì $K=1,20$

Nếu khoảng cột = 100m thì $K=1,10$

Nếu khoảng cột = 150m thì $K=1,05$

Nếu khoảng cột $\geq 250\text{m}$ thì $K=1,00$

F: diện tích đón gió vào mặt cột.

C_x : hệ số khí động, lấy theo TCVN 2737:1995.

- Áp lực gió tác dụng vào dây dẫn ở độ cao của trọng tâm quy đổi của tất cả các dây dẫn được tính theo công thức:

$$P_d = a.C_x.K.q.F.\sin^2\varphi \text{ [daN]} \quad (2)$$

trong đó:

a là hệ số tính đến sự không bằng nhau của áp lực gió lên từng vùng của dây dẫn trong 1 khoảng cột.

C_x : hệ số khí động ảnh hưởng đến mặt của dây dẫn và dây chống sét.

$C_x = 1,1$ với dây dẫn có đường kính $\geq 20\text{mm}$.

$C_x = 1,2$ với dây dẫn có đường kính $< 20\text{mm}$.

K: hệ số quy đổi phụ thuộc vào chiều dài khoảng cột.

Nếu khoảng cột $\leq 50\text{m}$ thì $K=1,20$

Nếu khoảng cột = 100m thì $K=1,10$

Nếu khoảng cột = 150m thì $K=1,05$

Nếu khoảng cột $\geq 250\text{m}$ thì $K=1,00$

q: áp lực gió tính toán theo TCVN 2737:1995.

F: diện tích cản gió của dây dẫn.

φ : góc hợp bởi hướng gió với trục tuyến đường dây.

b) Xác định tải trọng gió theo QĐTK.EVN-2017

- Áp lực gió tác dụng vào cột được tính theo công thức:

$$P_c = \alpha.C_c.q.S \text{ [daN]} \quad (3)$$

trong đó:

C_c : hệ số khí động học tùy thuộc vào đường kính của cột;

Với cột phẳng: $C_c = 1,5$;

Với cột tròn: $C_c = 0,7$;

S: diện tích mặt cột.

$$S = H.(a+b)/2$$

H= Chiều cao cột tính từ mặt đất tự nhiên

a: Đường kính đỉnh cột

b: Đường kính chân cột

q: áp lực gió tính toán theo TCVN 2737:1995.

α : Hệ số tính đến sự không bằng nhau của áp lực gió trong khoảng cột.

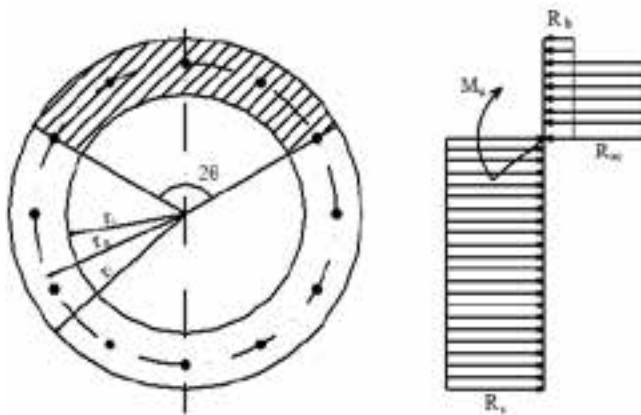
- Áp lực gió tác dụng lên dây trong một khoảng cột (l) xác định theo công thức:

$$P_d = \alpha.C_x.q.d.l \text{ [daN]} \quad (4)$$

trong đó: α là hệ số tính đến sự không bằng nhau của áp lực gió trong khoảng cột, lấy theo Bảng 1.

C_x : hệ số khí động học của dây dẫn, phụ thuộc vào đường kính của dây (d):

Với $d < 20\text{mm}$: $C_x = 1,2$;



Hình 3. Sơ đồ ứng suất tiết diện vành khuyên

Với $d \geq 20\text{mm}$: $C_x = 1,1$;

q: áp lực gió tính toán theo TCVN 2737:1995.

d: đường kính dây.

l: chiều dài khoảng cột.

c) Xác định tải trọng gió theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ NESC

- Tải trọng gió tác dụng lên cột tính theo công thức:

$$P = 0,00256 \cdot V^2 \cdot k_z \cdot G_{RF} \cdot C_d \cdot A \text{ (lbs/ft)} \quad (5)$$

$$\text{hay: } P = 0,613 \cdot V^2 \cdot k_z \cdot G_{RF} \cdot C_d \cdot A \text{ (N/m)} \quad (6)$$

trong đó,

V: Tốc độ gió trung bình trong khoảng 3s, tại độ cao 33ft (11m), chu kỳ lặp 50 năm

k_z : Hệ số tiếp xúc với áp suất gió

G_{RF} : Hệ số gió giật

C_d : Hệ số cản, $C_d = 1$ với cột tròn

Giá trị G_{RF} , k_z cho kết cấu tính toán theo công thức:

$$G_{RF} = [1 + 2,7 \cdot E_S (BS)^{0,5}] / kV^2$$

$$E_S = 0,346 \cdot [33 / (0,67 \cdot h)]^{1/7}$$

$$B_S = 1 / (1 + 0,375 \cdot h / 220)$$

$$k_z = 2,01 \cdot (0,67 \cdot h / 900)^{(2/9,5)}$$

Tích số $G_{RF} \cdot k_z$ có thể tra bảng phụ thuộc chiều cao kết cấu.

Ví dụ 1: Tính toán tải trọng gió theo tiêu chuẩn, quy định trong nước với các thông số đầu vào sau:

+ Loại cột: PC.I-12-190-7,2.

+ Chiều dài cột: 12m; Chiều cao điểm chất tải: 9,75m; Chiều sâu chôn đất: 2m; Khoảng cột: 50m;

+ Địa hình, vùng áp lực gió tính toán: Vùng gió IA: $W_0 = 55(\text{daN})$; Địa hình A

+ Dây dẫn điện ACSR 95/16 có đường kính 13,5mm.

Xác định tải trọng gió tính toán lên cột và lên dây theo 2 quy định trong nước và 1 tiêu chuẩn nước ngoài.

Lưu ý khi tính áp lực gió tính toán q, theo quy định của ngành Điện và EVN đã hướng dẫn lấy thời gian sử dụng cột giả định 15 năm, tức là hệ số điều chỉnh tải trọng gió chỉ còn $\gamma_{sd} = 0,775$.

Còn khi tính toán tải trọng gió theo NESC cần chuyển đổi vận tốc gió từ tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 2737:1995) với kết quả đo vận tốc gió trung bình 3s chu kỳ lặp 20 năm sang tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASCE quy định vận tốc gió trung bình 3s chu

kỳ lặp 50 năm dựa trên hệ số chuyển đổi chu kỳ lặp là 1,1.

Kết quả ví dụ 1, tải trọng gió tính toán khi thiết kế cột điện xem trong Bảng 1.

Bảng 1. Tải trọng gió thiết kế lên cột và dây

Tải trọng gió thiết kế	Tiêu chuẩn, quy định áp dụng		
	Việt Nam		Hoa Kỳ
	QĐKT.ĐNT-2006	QĐTK.EVN-2017	NESC
Tải trọng gió lên cột (P_c , daN)	124,1	77,5	168,8
Tải trọng gió lên dây (P_d , daN)	42,4	35,4	36,8

Nhận xét về vấn đề tải trọng gió lên cột và dây cho thấy, quy định của Bộ Công nghiệp và ngành Điện ở những thời kỳ khác nhau lại có những hướng dẫn chi tiết cách lấy các hệ số ảnh hưởng đến kết quả tính toán tải trọng gió rất khác nhau và những hệ số riêng này không được đề cập trong tiêu chuẩn TCVN 2737:1995.

Giá trị tải trọng gió lên dây dẫn tính theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ NESC khá tương đồng với tính theo các quy định trong nước. Nhưng giá trị tải trọng gió lên cột tính theo NESC lớn hơn tính theo quy định trong nước khá nhiều, trong ví dụ trên lên tới 2,17 lần.

Thực tế hệ thống ĐDK trải dài qua nhiều vùng áp lực gió khác nhau giữa các địa phương khiến giá trị tải trọng cũng thay đổi trên suốt chiều dài công trình điện. Các cơn bão số có gió giật đến cấp 15 tác động lên đường dây lớn hơn nhiều so với tải trọng gió được thiết kế. Trong khi quy định thời gian sử dụng công trình 15 năm làm cho giá trị tải trọng gió tính toán giảm, thì các cột điện cũng không hề được thu hồi, thay thế sau khoảng thời gian sử dụng này... là những nguyên nhân khiến việc xác định tải trọng gió khi thiết kế có thể thiếu an toàn.

3. Sơ đồ tính toán và điều kiện cường độ của cột điện

Từng loại cột chịu các tải trọng chủ yếu sau đây:

- Cột đỡ: Tải trọng do gió tác động theo phương nằm ngang thẳng góc với tuyến dây dẫn và kết cấu cột.

- Cột néo thẳng: Tải trọng do gió tác động theo phương nằm ngang thẳng góc với tuyến dây dẫn và kết cấu cột; tải trọng dây dẫn theo phương nằm ngang do lực căng chênh lệch của dây dẫn ở các khoảng cột liên kế gây ra.

- Cột néo góc: Tải trọng theo phương nằm ngang do lực căng dây dẫn hợp thành (hướng theo các trục của xà; tải trọng theo phương nằm ngang do gió tác động lên dây dẫn và kết cấu cột.

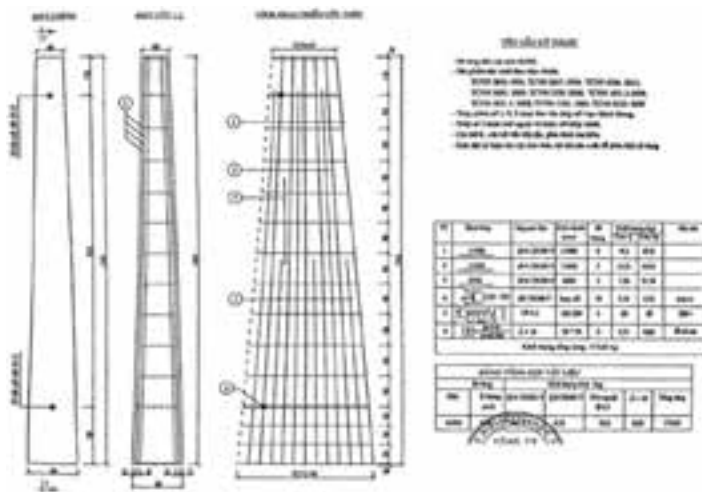
- Cột néo cuối: Tải trọng theo phương nằm ngang tác động dọc tuyến do lực căng về một bên của dây dẫn và do gió tác động.

Sơ đồ tính toán cột như một công xôn ngàm tại mặt móng, cần kiểm tra khả năng chịu uốn của cột (trung gian, góc, cuối) trong trạng thái làm việc bình thường (dây dẫn không đứt) và chế độ sự cố (1 bên dây dẫn bị đứt) trong trường hợp dây dẫn đặt ngang mức và đặt lệch.

Phương pháp dùng để tính toán cột bê tông cốt thép là phương pháp trạng thái giới hạn. Trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực, cột phải thỏa mãn điều kiện:

- Trường hợp cột không sử dụng dây néo:

$$P_{tt} = M_{tt}/h + P_g \leq P_{cp} \quad (7)$$



Hình 4. Bản vẽ chế tạo cột điện LT-12B của một công ty sản xuất cột

- Trường hợp cột sử dụng dây néo:

$$P_{tt} = M_{tt}/h + P_g - P_{dn}/\sin\alpha \leq P_{cp} \quad (8)$$

trong đó:

M_{tt} là mô men tính toán của tổng các lực dây dẫn tác động lên tiết diện mặt đất của cột; P_g : Lực gió tác dụng lên cột; P_{tt} : Lực tính toán quy về đầu cột; h : Chiều cao từ đỉnh cột đến mặt đất; P_{dn} : Lực giữ của dây néo thiết kế; α : Góc hợp bởi dây néo và cột;

P_{cp} : Lực đầu cột cho phép;

Đối với cột điện BTCT ly tâm, tra lực đầu cột cho phép của từng loại, số hiệu cột theo TCVN 5847:1994 thời điểm trước năm 2016, theo TCVN 5847:2016 từ năm 2016.

4. Khả năng chịu lực của cột điện bê tông cốt thép ly tâm

4.1. Công thức tính toán cơ bản

Do thành phần lực dọc trong kết cấu cột điện khá nhỏ, xu hướng chịu uốn là chủ yếu nên cột được tính toán theo loại cấu kiện BTCT chịu uốn. Tiết diện cột hình vành khuyên, có thay đổi đường kính, nên cũng không phổ biến trong thiết kế kết cấu công trình nói chung và các phần mềm phân tích kết cấu chuyên dụng nói riêng cũng không tích hợp sẵn loại tiết diện này.

Có thể dùng sơ đồ ứng suất giả thiết của tiết diện cột tại trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực để lập các công thức cơ bản như sau:

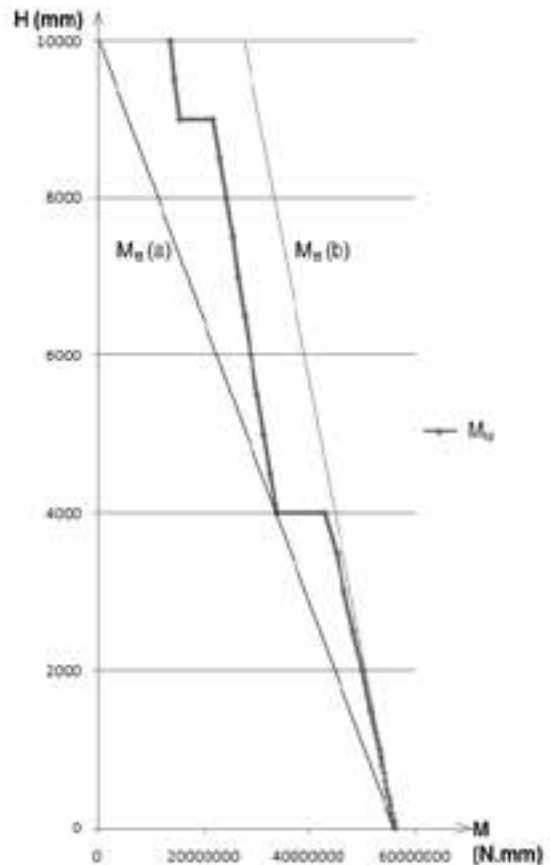
Phạm vi vùng chịu nén giới hạn bởi đường thẳng vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mô men. Để đơn giản, giả thiết gần đúng vùng nén giới hạn bởi 2 bán kính lập với nhau một góc 2θ .

Xem như cốt dọc phân bố đều và liên tục trên vòng tròn có bán kính ra đi qua trọng tâm cốt thép. Toàn bộ cốt thép dọc có ứng suất đạt tới cường độ tính toán.

Điều kiện cân bằng lực theo phương trục cấu kiện:

$$\frac{\theta}{\pi} \cdot A_b \cdot R_b + \frac{\theta}{\pi} \cdot A_{st} \cdot R_{sc} - \frac{\pi - \theta}{\pi} \cdot A_{st} \cdot R_s = 0 \quad (9)$$

Điều kiện cân bằng mô men với trục đi qua tâm cấu kiện vuông góc mặt phẳng uốn, có xét đến tính đối xứng bố trí cốt dọc:



Hình 5. Biểu đồ bao vật liệu và biểu đồ mô men cột

$$M_u = \frac{\theta}{\pi} \cdot A_b \cdot R_b \cdot r_a \cdot \frac{\sin\theta}{\theta} + \frac{\theta}{\pi} \cdot A_{st} \cdot R_{sc} \cdot r_a \cdot \frac{\sin\theta}{\theta} + \frac{\theta}{\pi} \cdot A_{st} \cdot R_s \cdot r_a \cdot \frac{\sin\theta}{\theta} \quad (10)$$

Trong trường hợp cường độ tính toán về nén và kéo của cốt thép như nhau, điều kiện cường độ của cấu kiện chịu uốn tiết diện vành khuyên được viết như sau:

$$M \leq M_u = \frac{\sin\theta}{\pi} \cdot (A_b \cdot R_b + 2A_{st} \cdot R_s) \cdot r_a \quad (11)$$

trong các công thức trên, diện tích tiết diện bê tông $A_b = \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2)$; A_{st} : tổng diện tích tiết diện cốt thép dọc; Các ký hiệu khác xem trên Hình 3.

Với bài toán kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện, từ (9) xác định vị trí trục trung hòa (xác định góc 2θ), thay vào vế phải (11) chính là khả năng chịu uốn của tiết diện.

Ví dụ 2: Xác định khả năng chịu lực một mã hiệu cột BTCT ly tâm

Áp dụng công thức tính toán được thiết lập trên, tính toán khả năng chịu lực theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT cho một cột BTCT ly tâm có mã hiệu LT-12B được nhà sản xuất cột công bố kết quả thử tải đạt lực đầu cột cho phép $P_{cp} = 7200N$ (7,2 kN). Bản vẽ chế tạo cột cho trong Hình 4.

- Khả năng chịu lực cột theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT (TCVN 5574:2012 - tương ứng thời điểm chế tạo cột), với các số liệu đầu vào là cường độ tính toán của vật liệu bê tông và cốt thép đúng quy định của tiêu chuẩn thiết kế:

+) Mô men giới hạn cột chịu được tại tiết diện chân cột: $M_u = 63,01$ (kN.m)

+) Lực đầu cột cho phép: $P_{cp} = 6,46$ (kN).

Vậy nếu kiểm tra theo tiêu chuẩn thiết kế thì cột đã chế tạo nêu trên không chịu được lực tính toán quy về đầu cột là $P_{tt} = 7,20$ (kN).

- Nếu cường độ vật liệu làm việc thực tế cao hơn giá trị cường độ tính toán, khảo sát khả năng chịu lực của cột trong 2 tình huống giả định, thu được kết quả sau:

+) Với giá trị cường độ tiêu chuẩn của bê tông và cốt thép: Lực đầu cột cho phép sẽ tăng lên là $P'_{cp} = 7,08$ (kN);

+) Với giá trị cường độ chịu nén trung bình của bê tông và cường độ tiêu chuẩn của cốt thép: Lực đầu cột cho phép sẽ tăng lên là $P''_{cp} = 7,53$ (kN) - Đủ khả năng chịu lực tính toán quy về đầu cột do tải trọng gió và lực căng dây.

4.2. Xác định tiết diện nguy hiểm của cột

Căn cứ theo sơ đồ tính, sơ đồ chất tải, mô men tính toán lớn nhất xuất hiện tại tiết diện chân cột. Tuy nhiên, với cột BTCT ly tâm có dạng hình côn cụt rỗng, tiết diện thay đổi giảm dần từ chân cột đến đỉnh cột, nên tiết diện nguy hiểm nhất của cột có thể không phải tại mặt ngàm chân cột.

Với số liệu tiết diện, vật liệu và bố trí cốt thép thực tế của cột điện cho trong Ví dụ 2 nêu trên, nhóm tác giả đã lập được biểu đồ khả năng chịu lực của cột dọc theo chiều cao từ mặt móng đến đỉnh cột (biểu đồ bao vật liệu của cột). So sánh với dạng biểu đồ bao mô men chỉ do lực ngang đầu cột gây ra (đường a trong Hình 5) thì chân cột là tiết diện nguy hiểm nhất. Nhưng nếu xuất hiện cả mô men đỉnh cột do trọng lượng dây dẫn, lực căng dây dẫn, hoặc chế độ sự cố... gây ra (đường b trong Hình 5) thì tiết diện nguy hiểm nhất sẽ nằm phía trên chân cột, yếu điểm nhất là tiết diện giảm cốt thép dọc. Biểu đồ mô men (b) cũng là dạng phân bố mô men uốn dạng T của loại cột điện BTCT ly tâm nhóm II theo TCVN 5847:2016 [13]. Điều này giải thích thực tế khi xảy ra sự cố trong cơn bão cột thường không bị gãy tại chân cột ở tiết diện mặt móng (Hình 1,2).

5. Khảo sát quy trình thiết kế cột điện trong công trình ĐDK

5.1. Trình tự thực hiện dự án liên quan đến hạng mục cột điện

Quá trình khảo sát thực tế của nhóm tác giả đã thu thập được các thông tin về việc triển khai dự án, liên quan trực tiếp đến hạng mục cột điện trung và hạ áp có các bước thực hiện như sau:

- Chủ đầu tư hoặc Ban quản lý dự án ký hợp đồng với Tư vấn thiết kế (TVTK);

- Tư vấn khảo sát thực hiện công tác khảo sát tuyến, khảo sát địa chất, phối hợp thực hiện các thỏa thuận môi trường, đấu nối...

- TVTK tính toán tải trọng cơ học lên cột, quy về lực đầu cột, rồi tra lực đầu cột cho phép theo TCVN 5847:1994 (Cột điện bê tông cốt thép ly tâm - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử) [12], sau năm 2016 thì dùng TCVN 5847:2016 (Cột điện bê tông cốt thép ly tâm) [13], để lựa chọn loại cột;

- Nhà thầu xây lắp ký hợp đồng mua bán cột với cơ sở sản xuất cột, đặt hàng loại cột có ký hiệu TVTK chỉ định. Thực hiện thí nghiệm thử tải đầu cột theo TCVN 5847:1994, sau năm 2016 theo TCVN 5847:2016, đạt yêu cầu thì cho lắp dựng đại trà vào dự án.

Hướng dẫn thiết kế như nêu trên quy định tại mục 6.4.2 của QĐTK.EVN-2017 [4].

5.2. Nội dung chính của TCVN 5847:1994, TCVN 5847:2016 và sai lầm khi áp dụng

Các cột điện BTCT ly tâm được đưa vào sử dụng trước thời điểm ngày 7/7/2016 được thử tải kiểm tra KNCL theo TCVN 5847:1994. Cột đạt yêu cầu khi chịu được lực thử kéo ngang đầu cột trong 40 phút bằng lực tính toán quy định theo mỗi mã hiệu cột và chiều rộng vết nứt trên bề mặt cột không được lớn hơn 0,3mm.

Qua kiểm định, đánh giá một số cột bị sự cố cho thấy các cột BTCT ly tâm này đã không được thiết kế theo kết cấu BTCT, mà chỉ thông qua thử tải với lực kéo ngang đầu cột bằng tải trọng tính toán quy về đỉnh cột nêu trên. Các nhà sản xuất đã chế tạo cột theo bản vẽ sản phẩm, chưa ghi nhận được thuyết minh tính toán nào kèm theo. Điều này được phân tích thông qua các kết quả tính toán ở mục 4.1 là không an toàn.

Sử dụng tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT TCVN 5574:2012 (sau năm 2018 dùng TCVN 5574:2018), một bảng tính được lập đã kiểm tính một loại cột với số liệu từ bản vẽ trong mục 4.1, cho thấy lực giới hạn của cột chịu chỉ đạt 88% tải trọng tính toán.

Khi sử dụng cường độ tiêu chuẩn của vật liệu, lực giới hạn của cột chịu được theo tính toán cũng chỉ đạt 98% tải trọng tính toán. Đến khi sử dụng cường độ trung bình để tính thì KNCL của cột mới vượt 2% quy định đối với chủng loại cột. Có nghĩa là cột được sản xuất có thể vượt qua yêu cầu thử tải của TCVN 5847:1994 nhưng không đảm bảo khả năng chịu lực theo tiêu chuẩn thiết kế.

Năm 2016, tiêu chuẩn TCVN 5847:2016 - Cột điện bê tông cốt thép ly tâm được ban hành, bắt đầu đưa vào hệ số tải trọng k là tỉ số giữa tải trọng gây tới hạn hoặc mô men uốn gây tới hạn và tải trọng hoặc mô men uốn tính toán. Hệ số tải trọng k lớn hơn hoặc bằng 2 (trường hợp được thiết kế chỉ định, hoặc có thỏa thuận riêng, k có thể nhỏ hơn 2). Tuy nhiên một số đơn vị tư vấn thiết kế vẫn nhầm lẫn khi sử dụng tiêu chuẩn thử tải TCVN 5847:2016 thay cho thực hiện tính toán theo tiêu chuẩn thiết kế BTCT.

Ngoài thiếu sót không tính toán về BTCT, việc phân tích kết cấu mảnh mà không dùng sơ đồ biến dạng cũng có thể xảy ra mất an toàn. Tài liệu chuyên sâu về thiết kế cột điện đã khuyến cáo nên sử dụng phân tích P-delta để xác định mô men thứ cấp tăng lên bằng phương pháp phần tử hữu hạn, nếu tính toán sơ bộ, theo các sơ đồ đơn giản hóa cũng nên lấy tăng trị số mô men trong cột 10% do hiệu ứng P-delta gây ra [14].

Phân tích trên cho thấy: các chủ thể liên quan đến việc triển khai công trình đường dây truyền tải điện đã coi cột điện BTCT ly tâm như một "sản phẩm hàng hóa", không phải là "cấu kiện xây dựng"; Một số đơn vị tư vấn thiết kế đã sử dụng tiêu chuẩn thử tải thay cho công việc thiết kế chi tiết cột điện theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT.

6. Kết luận

- Cột điện BTCT ly tâm sử dụng rất tiết kiệm, hiệu quả trong công trình ĐDK trung áp và hạ áp, nhưng do có nhiều nguồn gốc, chủng loại và một số dự án đã áp dụng quy trình thiết kế không đúng dẫn đến đã dẫn tới sự cố gãy, đổ.

- Tiêu chuẩn tải trọng và tác động cần có hướng dẫn chi tiết nội dung xác định tải trọng gió lên loại công trình truyền tải điện đặc thù này cho thống nhất và an toàn.

- Các cột điện cần được thiết kế đầy đủ theo tiêu chuẩn

(xem tiếp trang 47)

bước thứ 13 và 14, chuyển vị đỉnh có giá trị 0.153m tại điểm tính năng đang xét.

Điểm tính năng theo phương pháp hệ số chuyển vị của FEMA 356 xác định được: $V = 329.028\text{kN}$ và $\Delta_{\text{roof}} = 0.153\text{m}$.

$$\frac{\Delta_{\text{roof}}}{H} = \frac{0.153}{28.8} = 0.0053 < 0.01$$

Dựa vào Bảng 1 ta đánh giá tổng thể kết cấu đạt “Kiểm soát phá hoại DC”

Trong đó: $H = 28.8\text{m}$ là chiều cao đỉnh khung tính từ điểm đặt tác động của lực động đất gây ra.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, một kết cấu khung bê tông cốt thép được đánh giá tính năng theo phương pháp thiết kế

PBSD dựa trên phân tích tĩnh phi tuyến và phương pháp Hệ số chuyển vị - DCM để xác định điểm tính năng. Mô hình số được thực hiện để đánh giá kết cấu theo tiêu chí tổng thể kết cấu và chi tiết các tiết diện nguy hiểm của cấu kiện kết cấu bê tông cốt thép.

Phương pháp thiết kế dựa theo tính năng phân tích kết cấu làm việc ngoài miền đàn hồi, từ đó đánh giá trạng thái kết cấu. Do đó, kỹ thuật phân tích nói chung phức tạp, khó khăn đối với kỹ sư thiết kế. Bài báo đã hệ thống lý thuyết và trình bày phương pháp áp dụng cụ thể cho việc áp dụng phương pháp này vào thực hành thiết kế, đây là một công cụ hữu ích giúp mở rộng cho việc đưa phương pháp thiết kế theo tính năng và giúp nâng cao độ tin cậy trong thiết kế kháng chấn công trình nói chung./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 9386:2012, "Thiết kế công trình chịu động đất," Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2012.
2. Nguyễn Lê Ninh, "Động đất và thiết kế công trình chịu động đất," Nhà xuất bản Xây dựng, 2007.
3. UCB-97, "Uniform Building Code," USA, 1997.
4. ASCE 41, "Seismic Rehabilitation of Existing Buildings," American Society of Civil Engineer, 2006.
5. Eurocode 8, "Design of structures for earthquake resistance," The European Union, 1998.
6. ATC-40, "Seismic Evaluation and Retrofit of Reinforced Concrete Buildings," in Applied Technology Council, Redwood City (CA), 1996.
7. FEMA-356, "Pre-standard and commentary for seismic rehabilitation of buildings," in Federal Emergency Management Agency, Washington (DC), 2000.
8. CSI. SAP2000 V-16, "Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual," Computers and Structures Inc, Berkeley (CA, USA), 2016.
9. TCVN 2737 - 1995, "Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế," 1995.
10. TCVN 5574:2018, "Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế," in Bộ Khoa học và Công nghệ, 2018.

Phân tích nguyên nhân sự cố gãy, đổ cột điện bê tông ly tâm...

(tiếp theo trang 42)

thiết kế kết cấu bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thử tải chỉ phục vụ bước nghiệm thu sản phẩm, đưa vào lắp dựng đại trà, tuyệt nhiên không được dùng để thay thế công tác thiết kế kết cấu.

- Hiệu ứng gió giật trên cấp 12 trong các cơn bão, thời gian sử dụng cột dài hơn giả định 15 năm khi thiết kế, sơ đồ phân tích P-delta... cần quan tâm trong thiết kế công trình đường dây tải điện trên không để tăng độ an toàn, kiểm soát chất lượng kết cấu./.

Tài liệu tham khảo

1. QCVN 02:2009/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng. Bộ Xây dựng, 2009.
2. TCVN 2737:1995, Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế. Bộ KH&CN, 1995.
3. Quy định kỹ thuật điện nông thôn QĐKT.ĐNT-2006. Bộ Công nghiệp, 2006.
4. Tập đoàn Điện lực Việt Nam, Quy định về công tác Thiết kế dự án lưới điện phân phối cấp điện áp đến 35kV. Quyết định số 1299/QĐ-EVN, 03/11/2017.
5. TCVN 5574:2012, Kết cấu bê tông và BTCT- Tiêu chuẩn thiết kế. Bộ KH&CN, 2012.
6. TCVN 5574:2018, Kết cấu bê tông và BTCT- Tiêu chuẩn thiết kế. Bộ KH&CN, 2018.
7. Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE C2: National Electrical Safety Code, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA. 2nd Printing Corrected Edition, 7 September 1999.
8. Viện KHCN Xây dựng, Kết quả khảo sát thiệt hại của một số công trình xây dựng sau cơn bão số 1 năm 2016, Báo cáo nhanh của Viện KHCN Xây dựng - Bộ Xây dựng, Tháng 8/2016.
9. Phạm Minh Hà và nhiều người khác, Nghiên cứu, đánh giá nguyên nhân hư hỏng của các cột điện bê tông cốt thép ly tâm do gió bão và đề xuất giải pháp khắc phục, Đề tài NCKH cấp Bộ Xây dựng, Mã số RD-19, , 2019.
10. Kỳ Nam, Gắn 1.900 trụ điện gãy đổ trong bão 12, Người lao động Online, 2017. (<http://nld.com.vn/thoi-su/vi-sao-gan-1900-tru-dien-gay-do-trong-bao-12-20171117124453296.htm>).
11. TCVN 5846:1994, Cột điện bê tông cốt thép ly tâm - Kết cấu và kích thước. Bộ KH&CN.
12. TCVN 5847:1994, Cột điện bê tông cốt thép ly tâm - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử. Bộ KH&CN, 1994.
13. TCVN 5847:2016, Tiêu chuẩn quốc gia cột điện bê tông cốt thép ly tâm. Bộ KH&CN.
14. Sriram K., Prasad Y., Design of Electrical Transmission Lines. Vol1. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, UK, 90-99, 2017.