

# Đề xuất công thức xác định hệ số chiều dài tính toán cột bảng quảng cáo

Proposal formulas the effective length factors for column of billboards

Nguyễn Lệ Thủy, Nguyễn Hồng Sơn, Võ Thanh Lương

## Tóm tắt

Bài báo trình bày cách xác định hệ số chiều dài tính toán cho cột đỡ tấm bảng quảng cáo, với giải pháp kết cấu tấm bảng dùng hệ giàn hoặc dùng hệ dầm ngang. Nội dung bài báo đưa ra các lý thuyết tính toán để từ đó thiết lập công thức xác định chiều dài tính toán, kiểm chứng độ chính xác của các công thức vừa thiết lập so với kết quả nghiên cứu trước đó và so với giá trị ở bảng tra trong Tiêu chuẩn TCVN 5575:2012 cho một số trường hợp đặc biệt. Thông qua đó, thực hiện ví dụ số minh họa việc áp dụng kết quả nghiên cứu trong tính toán thực hành, để xuất việc sử dụng công thức tính, nhằm đơn giản hóa việc tính toán thông qua việc loại bỏ được sự phức tạp khi sử dụng bảng tra trong tiêu chuẩn.

**Từ khóa:** Hệ số chiều dài tính toán, cột, bảng quảng cáo

## Abstract

The paper presents how to determine the effective length factor for the billboard support column, with the solution of the panel structure using a truss system or a horizontal beam system, verifying the accuracy of the formulas. Set compared to the previous research results and compared with the values in the table in TCVN 5575: 2012 for some special cases. Through this, performing numerical examples illustrating the application of research results in practical calculations, proposing the use of calculation formulas, in order to simplify the calculations by eliminating the complexity when use tables in the standard.

**Key words:** Effective length, column, Billboard

ThS. Nguyễn Lệ Thủy  
PGS.TS Nguyễn Hồng Sơn  
Bộ môn Kết cấu Thép Gỗ  
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

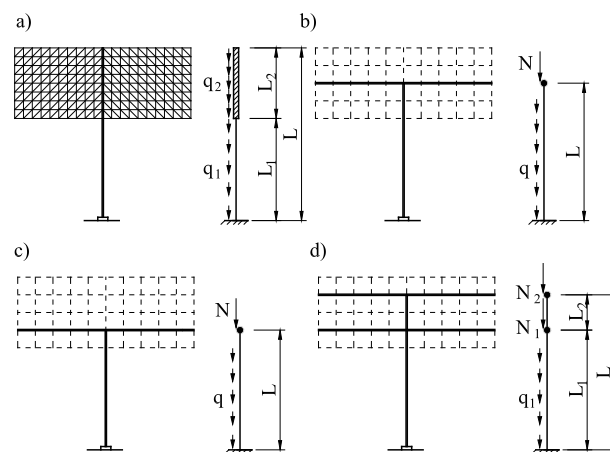
PGS.TS. Võ Thanh Lương  
Bộ môn Xây dựng Nhà và Công trình công nghiệp  
Học viện Kỹ thuật Quân sự  
Email: nlthuy.hau@gmail.com  
Phone: 0903226382

Ngày nhận bài: 20/4/2021  
Ngày sửa bài: 19/5/2021  
Ngày duyệt đăng: 12/4/2023

## 1. Đặt vấn đề

Bảng quảng cáo tấm lớn dùng để cung cấp các thông tin khác nhau cho người tham gia giao thông, chúng thường đứng độc lập ở ngoài trời và dọc theo các trục đường giao thông chính. Việc thiết kế hệ kết cấu thép chịu lực cho chúng được các kỹ sư trong và ngoài nước sử dụng các tiêu chuẩn thiết kế như TCVN 5575:2012 (Việt Nam) [2], ANSI/AISC 360-16(Mỹ) [5], EN 1993-1-1 (châu Âu) [4], SP 16.13330.2016 (Nga) [8] v.v.... Thấy rằng, đa số các nước cũng như ở Việt Nam không có Tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép dành riêng cho loại Bảng quảng cáo, ngoại trừ Trung Quốc có Chỉ dẫn thiết kế CECS 148:2003 [10] hoặc tập bản vẽ Thiết kế điển hình 07SG526 [9], Mỹ có các Chỉ dẫn thiết kế nhưng dành cho loại Biển đèn tín hiệu hoặc Biển chỉ đường (sign/luminaires/traffic support).

Như đã biết, hệ kết cấu chịu lực Bảng quảng cáo gồm hai bộ phận chính, đó là cột đỡ và tấm bảng: (i) cột đỡ được đặt thẳng đứng, chúng cấu tạo từ thép ống, chữ I hoặc hộp với tiết diện không đổi và thường có một hoặc hai cột đỡ (đa số có một cột đỡ), đây là cấu kiện chịu lực chính; (ii) tấm bảng với diện tích khá lớn (đến 100 m<sup>2</sup> hoặc lớn hơn) được đặt ở khá cao so với mặt đất (tới 25 m), chúng có các hình thức kết cấu chịu lực sau: hình thức thứ nhất dùng hệ giàn (Hình 1a), được cấu tạo từ các thanh thép và gối lên cột theo suốt chiều cao đoạn cột nằm trong phần tấm bảng, hình thức thứ hai dùng hệ dầm ngang để đỡ phần tấm bảng, có thể dùng một dầm ngang (Hình 1b,c) hoặc hai dầm ngang (Hình 1d). Các dầm ngang liên kết với cột, truyền phản lực tập trung lên cột. Như thế, ứng với mỗi hình thức kết cấu của tấm bảng sẽ có các sơ đồ tính cột đỡ tương ứng (Hình 1).

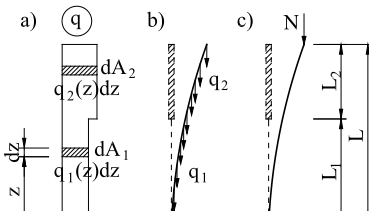


Hình 1. Sơ đồ bố trí hệ kết cấu chịu lực và sơ đồ tính cột đỡ bảng quảng cáo

(a – khi kết cấu tấm bảng dùng hệ giàn; b, c, d – khi kết cấu tấm bảng dùng hệ dầm ngang)

Thấy rằng, trong TCVN 5575:2012 [2] có quy định việc tính toán ổn định tổng thể đối với cột, và có các công thức để xác định hệ số chiều dài tính toán cho thanh một đầu ngàm và một đầu tự do (thanh công xon) giống như cột đỡ Bảng quảng cáo. Theo đó, hệ số chiều dài tính toán được xác định khi coi: (i) cột chỉ chịu lực phân bố đều dọc theo chiều cao cột, như ở Hình 2a (lấy  $\mu = 1,12$ ), hoặc (ii) khi bỏ qua lực phân bố dọc theo chiều cao cột, xem cột chỉ chịu 01 lực tập trung đặt ở đỉnh cột, như ở Hình 2b- ứng với trường hợp có 01 dầm ngang (lấy  $\mu = 2,0$ ) hoặc khi xem có 02 lực tập trung (đặt tại đỉnh cột và

vị trí trung gian) ứng với trường hợp có 02 dầm ngang, như ở Hình 2c (lấy  $\mu = 2 \div 7,82$  đối với chiều dài đoạn cột dưới  $L_1$ ).



Hình 2. Sơ đồ tính và hệ số chiều dài tính toán[2]

Minh họa cách xác định hệ số chiều dài tính toán cho trường hợp cột chịu 02 lực tập trung như ở Hình 2c (khi bỏ qua lực phân bố dọc theo chiều dài cột). Với thông số lực nén dọc trục  $N_1 = N_2$ ; chiều dài các đoạn cột  $L_1 = 2L_2$ ; mô men quán tính  $I_1 = I_2$  (cột tiết diện không đổi). Theo tài liệu TCVN 5575:2012 [2], hệ số chiều dài tính toán đối với cột bậc được xác định thông qua các tham số:  $n = (I_2/I_1) / (L_2/L_1) = 2,0$ ;  $\beta = (N_1 + N_2)/N_2 = 2$ . Nhận được  $\alpha = 0,3535$ , tra Bảng D2 của tài liệu [2], có  $\mu_1 = 2,546$  (tính cho đoạn cột  $L_1$ ), suy ra  $\mu = 1,697$  (tính cho cả chiều dài cột  $L = L_1 + L_2$ ).

Thấy rằng, với các sơ đồ tính như ở Hình 2 để xác định hệ số chiều dài tính toán theo TCVN 5575:2012, sẽ khó áp dụng cho các sơ đồ tính như đã trình bày ở Hình 1. Chẳng hạn, với sơ đồ ở Hình 1a, hệ số chiều dài tính toán xác định thế nào, có áp dụng được sơ đồ Hình 2a hay cần áp dụng sơ đồ Hình 2b. Tương tự, với các sơ đồ Hình 1c hoặc Hình 1d khi xét đến trọng lượng bản thân cột sẽ cho kết quả hệ số chiều dài tính toán có sai khác gì khi áp dụng sơ đồ Hình 2b,c. Chính vì thế, việc chính xác hóa chiều dài tính toán cho cột ở sơ đồ tính như Hình 1 là cần thiết, và đề xuất công thức tính hệ số chiều dài tính toán đủ tin cậy để áp dụng trong tính toán thực hành sẽ có ý nghĩa thực tiễn.

## 2. Thiết lập công thức tính chiều dài tính toán cột đỡ tấm bảng quảng cáo

### 2.1. Cơ sở lý thuyết

Với phương pháp tĩnh học, sử dụng cách thiết lập và giải phương trình vi phân, được xem là cách tính chính xác. Tính ổn định đối với thanh thẳng tiết diện không đổi chịu tác dụng của trọng lượng bản thân, được xây dựng trên cơ sở phương pháp tĩnh học thông qua việc thiết lập phương trình vi phân ở trạng thái cân bằng lệch khỏi dạng ban đầu, giải phương trình vi phân và từ điều kiện tồn tại trạng thái cân bằng lệch sẽ nhận được lực tới hạn cần tìm, tức là tìm được chiều dài tính toán của thanh. Tương tự, với thanh thẳng tiết diện không đổi chịu một số lực bất kỳ, cần chia thanh thành từng đoạn với điều kiện liên tục về chuyển vị và nội lực, kết hợp với các điều kiện biên ở đầu thanh và điều kiện nối tiếp các đoạn thanh sẽ lập được phương trình ổn định, từ đó xác định được hệ số chiều dài tính toán[3].

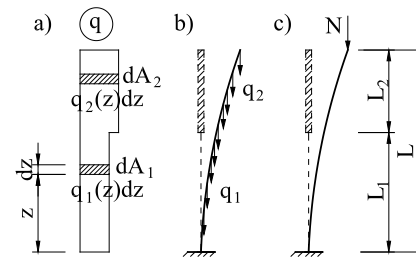
Tuy nhiên, trong thực tế có nhiều phương pháp khác thuộc nhóm phương pháp tĩnh học, cho kết quả gần đúng với sai số chấp nhận được, có thể kể ra là phương pháp gần đúng do tác giả Korobov A.N. đề xuất, và sau đó Mitropovskii N.M. đã phát triển cách tính gần đúng này cho bài toán ổn định thanh chịu nhiều tải trọng tác dụng dọc theo chiều dài thanh và phân bố theo quy luật bất kỳ (phân bố đều là trường hợp đặc biệt)[3].

Theo đó, ta thay mỗi phân tử lực phân bố  $q(z)dz$  đặt tại tiết diện có tọa độ  $z$  bằng một phân tử lực tập trung  $dN$  đặt ở đầu mút của thanh trên nguyên tắc chuyển lực tương đương, sử dụng kết quả chính xác lực tới hạn của thanh thẳng có một đầu ngàm và một đầu tự do để xác định lực tới hạn, từ đó suy ra hệ số chiều dài tính toán.

### 2.2. Thiết lập công thức tính hệ số chiều dài tính toán

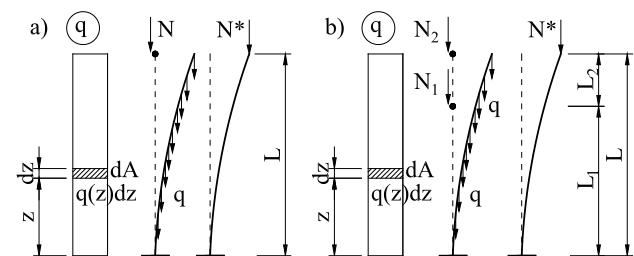
Trên cơ sở phương pháp do tác giả Korobov A.N. đề xuất, sau đây tác giả trình bày cách thiết lập công thức tính hệ số chiều dài tính toán cho 02 nhóm sơ đồ tính đối với cột đỡ tấm bảng quảng cáo (Hình 1), tương ứng với 02 hình thức kết cấu chịu lực của bảng quảng cáo. Khi xem rằng, cột đỡ có tiết diện không đổi ( $EI = \text{const}$ ).

Nhóm sơ đồ thứ nhất, khi tấm bảng dùng hệ giàn (Hình 3). Khi đó, cột gồm hai đoạn chịu tải trọng theo phương thẳng đứng (trục  $z$ ), đoạn cột phía dưới có một đầu liên kết ngàm với móng chịu lực phân bố đều mô phỏng trọng lượng bản thân cột  $q_1(z) = q_1$  và đoạn cột phía trên nằm trong phần tấm bảng được liên kết với đoạn cột phía dưới, chịu lực phân bố đều  $q_2$  mô phỏng trọng lượng bản thân cột và trọng lượng tấm bảng.



Hình 3. Sơ đồ tính khi tấm bảng dùng hệ giàn

Nhóm sơ đồ thứ hai, khi tấm bảng dùng dầm ngang (Hình 4). Trường hợp dùng một dầm ngang, cột gồm một đoạn (Hình 4a) có tiết diện không đổi chịu lực phân bố đều mô phỏng trọng lượng bản thân cột  $q_1$  và lực tập trung  $N$  đặt tại vị trí có dầm ngang (tại đỉnh cột). Trường hợp dùng hai dầm ngang, cột gồm hai đoạn (Hình 4b) có tiết diện không đổi chịu lực phân bố đều, mô phỏng trọng lượng bản thân cột phía dưới và phía trên là  $q$  và hai lực tập trung  $N_1 = N_2 = N/2$  đặt tại vị trí có dầm ngang (với  $N$  – trọng lượng bản thân tấm bảng).



Hình 4. Sơ đồ tính khi tấm bảng dùng dầm ngang (a - một dầm ngang; b - hai dầm ngang)

#### 2.2.a. Nhóm sơ đồ thứ nhất, khi kết cấu tấm bảng dùng hệ giàn

Theo phương pháp của Korobov A.N. [3], tải trọng mỗi phân tử lực  $q(z)dz$  tại tiết diện có tọa độ  $z$  bằng một phân tử lực tập trung  $dN$  đặt ở đầu thanh (Hình 3). Phân tử lực tập

trung này được xác định theo nguyên tắc chuyển lực tương đương:

$$dN = \left(\frac{z}{L}\right)^2 q(z) dz \quad (1)$$

trong đó:  $L = L_1 + L_2$  là tổng chiều dài thanh.

Như vậy, tại đầu trên của thanh sẽ có một tải trọng tập trung  $N$  tương đương quy đổi của toàn bộ tải trọng ( $q_1$  cho đoạn thanh phía dưới  $L_1$ ,  $q_2$  cho đoạn thanh phía trên  $L_2$ ) tác dụng trên chiều dài thanh  $L$ :

$$N = \frac{1}{L^2} \int_0^L z^2 q(z) dz = \frac{1}{L^2} \left( q_1 \int_0^{L_1} z^2 dz + q_2 \int_{L_1}^L z^2 dz \right) \quad (2)$$

Như ở Hình 3 ta thấy,  $q_1(z) dz = dA_1$ , với  $A_1$  là diện tích của biểu đồ phân bố. Như vậy, tích phân trong biểu thức (2) chính là mô men quán tính  $I_{01}$  và  $I_{02}$  của biểu đồ tải trọng phân bố lấy đối với trục ngang đi qua tiết diện ngầm.

Bằng cách đặt:

$$I_{01} = q_1 \int_0^{L_1} z^2 dz = \frac{q_1 L_1^3}{3}$$

$$I_{02} = q_2 \int_{L_1}^L z^2 dz = (q_2 L_2) \left( L_1^2 + L_1 L_2 + \frac{L_2^2}{3} \right)$$

Ta được:

$$N = \frac{1}{L^2} (I_{01} + I_{02}) \quad (3)$$

Khi thanh bị mất ổn định, ta có:

$$N_{th} = \frac{1}{L^2} (I_{01} + I_{02,th}) = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$$

Suy ra:

$$I_{02,th} = \frac{\pi^2 EI}{4} - I_{01} = \frac{\pi^2 EI}{4} (1 - n) \quad (4)$$

trong đó:

$$n = \frac{4I_{01}}{\pi^2 EI} = \frac{4q_1 L_1^3}{3\pi^2 EI}$$

Thay biểu thức của  $I_{02}$  vào (4) ta được:

$$I_{02,th} = (q_2 L_2)_{th} \left( L_1^2 + L_1 L_2 + \frac{L_2^2}{3} \right) = \frac{\pi^2 EI}{4} (1 - n) \quad (5)$$

Dựa vào (5), sau khi đặt  $\alpha = L_1/L$  và  $L_2/L = 1 - \alpha$ , ta có:

$$\frac{I_{02,th}}{L^2} = (q_2 L_2)_{th} \cdot \left( \frac{1 + \alpha + \alpha^2}{3} \right) = \frac{\pi^2 EI}{(\mu L)^2} \left( \frac{1 + \alpha + \alpha^2}{3} \right) = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} (1 - n)$$

Từ đó, nhận được:

$$\mu = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1 + \alpha + \alpha^2}{1 - n}} \quad (6)$$

trong đó:  $I$  – mô men quán tính của tiết diện thanh (cột);  $E$  – mô đun đàn hồi của vật liệu thanh;  $\alpha$ ,  $n$  – các tham số trung gian.

2.2.b. Nhóm sơ đồ thứ hai, khi kết cấu tấm bưng dùng dầm ngang

- Trường hợp 1, kết cấu tấm bưng dùng một dầm ngang, với sơ đồ tính như ở Hình 4a. Bằng cách thực hiện tương tự như trên, nhận được công thức tính hệ số chiều dài tính toán cột đỡ tấm bưng trong trường hợp này:

$$\mu = \frac{2}{\sqrt{1 - n}} \quad (7)$$

- Trường hợp 2, kết cấu tấm bưng dùng hai dầm ngang,

với sơ đồ tính như ở Hình 4b. Giả thiết hai dầm đỡ chia cột đỡ bằng quãng cáo theo tỉ lệ  $\beta = N_1/N_2$ , nhận được công thức tính hệ số chiều dài tính toán cột đỡ tấm bưng trong trường hợp này:

$$\mu = \sqrt{\frac{2(1 + \beta\alpha^2)}{1 - n}} \quad (8)$$

### 2.3. Kiểm tra độ tin cậy các công thức vừa thiết lập

Để kiểm tra độ tin cậy của các công thức tính hệ số chiều dài tính toán đối với cột đỡ tấm bưng, ta xét các trường hợp đặc biệt sau:

#### 2.3.a. Khi không xét đến trọng lượng bản thân cột ( $n = 0$ )

Lúc này công thức (7) cho kết quả  $\mu = 2,0$ , trùng khớp hoàn toàn với kết quả tính theo lý thuyết.

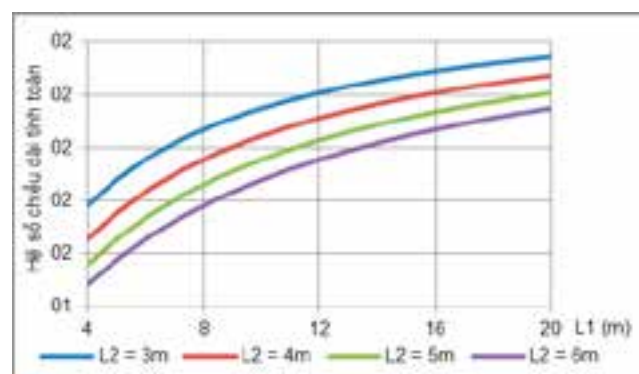
Khi đó, công thức (6) và (8) trở thành

$$\mu = \sqrt{2(1 + \beta\alpha^2)} \quad (6a)$$

$$\mu = \sqrt{2(1 + \beta\alpha^2)} \quad (8a)$$

Công thức (8a) có thể được kiểm chứng thông qua Bảng D2 của TCVN 5575:2012 [2], trong trường hợp riêng với kích thước Bảng quảng cáo như ở Hình 2c, có  $\mu_1 = 2,546$  cho đoạn cột  $L_1$  (suy ra  $\mu = 1,697$  cho toàn chiều cao cột), công thức (8a) cho kết quả  $\mu_1 = 2,549$  cho đoạn cột  $L_1$  (suy ra  $\mu = 1,7$  cho toàn chiều cao cột), kết quả chỉ sai khác 0,2%.

Công thức (6a) cũng được kiểm chứng bằng cách so sánh kết quả hệ số chiều dài tính toán theo Ixayev A.C (2005) [4] và kết quả của tác giả với cùng số liệu đầu vào. Theo [4], Ixayev A.C đã thiết lập hệ số chiều dài tính toán cho cột đỡ tấm bưng quảng cáo có kích thước (36) m, (4×8) m và (5×15) m trên cơ sở phương pháp thông số ban đầu. Nhận thấy rằng, kết quả tính theo công thức (6a) của tác giả khá sát so với các kết quả nhận được từ đồ thị của Ixayev A.C.



Hình 5. Kết quả hệ số chiều dài tính toán  $\mu$  [7]

Hơn nữa, kết quả tính với trường hợp đặc biệt, khi  $L_1 = 0$ , tức là  $\alpha = 0$  thì công thức (6a) cho kết quả  $\mu = 1,15$ , chênh lệch so với giá trị theo lý thuyết  $\mu = 1,12$  là 3%.

Hệ số chiều dài tính toán đối với cột thuộc nhóm sơ đồ tính thứ nhất (Hình 3) được liệt kê ở Bảng 1 và được biểu diễn ở Hình 5, trên cơ sở tính theo công thức (6a).

#### 2.3.b. Khi xét đến trọng lượng bản thân cột ( $n \neq 0$ )

Trường hợp kết cấu tấm bưng dùng một dầm ngang, quan hệ  $\mu$ - $n$  theo công thức (7) cho kết quả  $\mu = 2$  khi  $n \rightarrow 0$ . Tương tự công thức (8) cho kết quả  $\mu = 2$  khi  $n \rightarrow 0$  và  $\beta = N_1/N_2 = 1$ ,  $\alpha = L_1/L = 1$  (hay  $L_2 = 0$ ). Đồng thời, công thức (8)

**Bảng 1. Hệ số chiều dài tính toán**

L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> = 3 m	L <sub>2</sub> = 4 m	L <sub>2</sub> = 5 m	L <sub>2</sub> = 6 m
3	1,53	1,47	1,42	1,39
4	1,59	1,53	1,48	1,44
5	1,64	1,58	1,53	1,49
6	1,68	1,62	1,57	1,53
7	1,71	1,65	1,60	1,56
8	1,73	1,68	1,63	1,59
9	1,76	1,70	1,66	1,62
10	1,77	1,72	1,68	1,64
11	1,79	1,74	1,70	1,66
12	1,80	1,76	1,71	1,68
13	1,82	1,77	1,73	1,69
14	1,83	1,78	1,74	1,71
15	1,84	1,79	1,76	1,72
16	1,84	1,80	1,77	1,73
17	1,85	1,81	1,78	1,75
18	1,86	1,82	1,79	1,76
19	1,87	1,83	1,80	1,77
20	1,87	1,84	1,80	1,77

cho kết quả khá sát với số liệu có trong Bảng D2 của TCVN 5575:2012 khi có cùng thông số đầu vào.

Từ đó cho thấy, công thức (7) và (8) có độ tin cậy.

Nghiên cứu tiếp theo, đó là xem xét ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cột (q<sub>1</sub>) đến hệ số chiều dài tính toán thông qua tham số n:

$$n = \frac{4q_1L^3}{3\pi^2EI} = \frac{4\gamma_1AL^3}{3\pi^2EI} = \frac{4\gamma_1L^3}{3\pi^2EI^2}$$

với  $\gamma_1$  - trọng lượng riêng của vật liệu thép cột, i - bán kính quán tính của tiết diện cột.

Đối với cột thép ta có:

$$n = \frac{4\gamma_1L^3}{3\pi^2EI^2} = 5,05 \cdot 10^{-8} \lambda^2 \text{ với } \lambda = \frac{L}{i}$$

Do độ mảnh của cột được chọn không lớn hơn giá trị 150, thông thường  $\lambda = 30 \div 50$ . Như vậy n thường khá nhỏ, ví dụ với cột có L = 20 m,  $\lambda = 150$  thì  $n = 0,022$ . Thay giá trị n này vào công thức (7), dẫn đến giá trị hệ số  $\mu = 2,03$ , có nghĩa là ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cột đến giá trị hệ số chiều dài tính toán chỉ khoảng 1,16% (với kết quả tính theo lý thuyết khi không xét trọng lượng bản thân cột,  $\mu = 2,0$ ). Như thế, trong tính toán thực hành có thể không cần xét đến ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cột để đến giá trị hệ số chiều dài tính toán cột.

### 3. Áp dụng kết quả nghiên cứu trong tính toán thực hành

Nhằm làm rõ hơn ý nghĩa thực tiễn của việc chính xác hóa chiều dài tính toán cho cột đỡ tấm bảng quảng cáo. Sau đây sẽ thực hiện ví dụ minh họa, thông qua quy trình tính toán kiểm tra ổn định tổng thể cho một tấm bảng quảng cáo sử dụng giải pháp kết cấu hệ giàn.

#### a) Thông số tính toán

Bề rộng tấm bảng b = 18 m có khối lượng là 345,7 kN. Cột đỡ có chiều cao L<sub>1</sub> = 12 m, L<sub>2</sub> = 6 m. Các đặc trưng hình học của tiết diện cột: A = 0,01865 m<sup>2</sup>, W<sub>x</sub> = 0,00342 m<sup>3</sup>, i<sub>x</sub> = 0,262 m. Mô men uốn lớn nhất tại chân cột do tải trọng gió M = 638,5 kN.m. Vật liệu thép làm cột có cấp bền CCT34, f

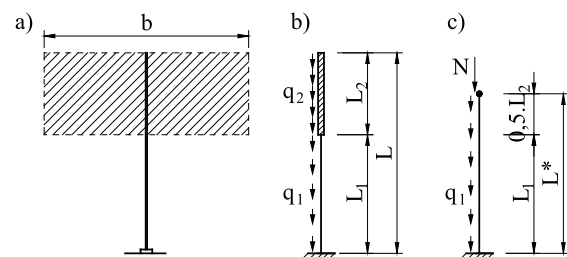
= 210 MPa, mô đun đàn hồi E = 2,1×10<sup>8</sup> kN/m<sup>2</sup>, khối lượng riêng  $\rho = 78,5$  kN/m<sup>3</sup>.

Xác định hệ số chiều dài tính toán và tính toán ổn định tổng thể cho cột đỡ tấm bảng quảng cáo như ở Hình 6a, với quan niệm về sơ đồ tính cột như sau:

(i) khối lượng tấm bảng và đoạn cột trong phần tấm bảng phân bố đều trên đoạn cột L<sub>2</sub> là (q<sub>2</sub>), xét đến trọng lượng bản thân cột là phân bố đều (q<sub>1</sub>) và chiều dài tính toán xác định cho toàn chiều cao cột L (Hình 6b);

(ii) khối lượng tấm bảng và đoạn cột trong phần tấm bảng quy về lực tập trung N đặt tại trọng tâm tấm bảng (0,5L<sub>2</sub>), xét đến trọng lượng bản thân cột là phân bố đều (q<sub>1</sub>) và chiều dài tính toán xác định cho toàn chiều cao cột L\* = L<sub>1</sub> + 0,5L<sub>2</sub> (Hình 6c);

Đồng thời, cần đề xuất việc xác định chiều dài tính toán trong tính toán thực hành cho sơ đồ cột đỡ như ở Hình 6b.



**Hình 6. Bảng quảng cáo và các sơ đồ tính cột**

#### b) Thực hiện tính toán

Bước 1: Tính các thông số ban đầu

Trọng lượng cột trên một đơn vị chiều dài, p<sub>1</sub> = 1,46 kN/m, trọng lượng toàn cột G = 26,35 kN.

Lực nén dọc tại chân cột N = 345,7 + 26,35 = 372,05 kN.

Bước 2: Kiểm tra ổn định tổng thể đối với sơ đồ tính (i) (như ở Hình 6b)

Xác định tham số trung gian n:

$$n = \frac{4\gamma_1L^3}{3\pi^2EI^2} = \frac{4 \times 78,5 \times 18^3}{3 \times 3,1416^2 \times 2,1 \times 10^8 \times 0,262^2} = 0,00428$$

Xác định tham số  $\alpha$ :

$$\alpha = L_1/L = 12/(12+6) = 0,67,$$

Xác định hệ số chiều dài tính toán  $\mu$  theo công thức (6):

$$\mu = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1+\alpha+\alpha^2}{1-n}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{1+0,67+0,67^2}{1-0,00428}} = 1,6813$$

Độ lệch tâm tương đối và độ mảnh của cột:

$$m = \frac{M}{N} = \frac{638,5}{345,7 + 26,35} \times \frac{0,01865}{0,00342} = 10,1$$

$$\lambda = \frac{\mu L}{i} = \frac{1,6813 \times (12+6)}{0,262} = 115,357 < [\lambda] = 150.$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f}{E}} = 115,357 \sqrt{\frac{210}{2,1 \cdot 10^5}} = 3,65 < 5$$

Hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện theo Bảng D.9 của TCVN 5575:2012, có  $\eta = 1,1$ .

Độ lệch tâm tính đối:

$$m_e = m \cdot \eta = 10,1 \cdot 1,1 = 11,01$$

Theo Bảng D.10 của TCVN 5575:2012 [2], có  $\varphi_e = 0,0972$  (xem tiếp trang 77)

#### 4. Kết luận

Dầm cánh vát là một trong những giải pháp giảm trọng lượng thép dầm hiệu quả, đặc biệt nhờ cắt vát đều nên có thể đưa ra những cách thức cắt thép tối ưu, không gây ra hiện tượng lũng phí.

Đối với dầm đơn giản, trọng lượng dầm tối ưu khi mô men quán tính tiết diện đầu dầm có giá trị bằng 1/9 mô men quán tính tiết diện giữa dầm, điểm thay đổi tiết diện tương ứng nằm tại vị trí 1/3 chiều dài dầm. So với dầm thay đổi bản cánh bằng cách giạt cấp bề rộng, điểm này nằm sâu gần giữa dầm hơn, vì thế đem lại hiệu quả cao hơn.

Thông thường tỷ lệ giữa mô men quán tính tiết diện đầu dầm và giữa dầm lớn hơn 1/9. Khi đó, bề rộng cánh đầu dầm càng nhỏ thì trọng lượng dầm càng nhỏ, tức bề rộng cánh đầu dầm cần lấy theo giá trị cấu tạo nhỏ nhất.

Phương án bản cánh vát đều hiệu quả hơn phương án bản cánh giạt cấp về khối lượng thép, tuy nhiên trong thực tế chiều dài đường hàn nối đầu nổi bản cánh của phương án

trước lớn hơn phương án sau. Người thiết kế cần cân nhắc thêm yếu tố này khi tính toán chi phí tối ưu tổng thể của dầm.

Tối ưu bằng bản cánh vát cũng tương tự như các giải pháp tối ưu trọng lượng dầm khác đều là bước nghiên cứu sơ bộ ban đầu về hình dạng của dầm. Tiết diện dầm sẽ tiếp tục được hiệu chỉnh trong quá trình thực hiện các phép toán kiểm tra bền, ổn định và biến dạng theo tiêu chuẩn. Các hiệu chỉnh này thông thường chỉ là thay đổi giá trị của các tham số  $d$ ,  $b_f$  trong phạm vi nhỏ chứ không thay đổi toàn bộ hình dạng dầm./.

#### Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Hội, *Kết cấu thép 1 - Cấu kiện cơ bản*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2006
2. TCVN 5575-2012 *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*, Nhà xuất bản xây dựng
3. Đoàn Tuyết Ngọc, *Thiết kế hệ dầm sàn thép*, Nhà xuất bản xây dựng, 2006

### Đề xuất công thức xác định hệ số...

Vậy, ổn định tổng thể của cột:

$$\sigma_1 = \frac{N}{\varphi_e A} = \frac{372,05}{0,0972 \cdot 0,01865} = 20,53 \text{ kN/cm}^2 < f_{yc}$$

Bằng cách tương tự, thực hiện đối với sơ đồ tính (ii) như ở sơ đồ Hình 6c, các kết quả được liệt kê ở Bảng 2.

**Bảng 2. Kết quả tính toán cho các sơ đồ tính cột**

Tham số	Sơ đồ (i)	Sơ đồ (ii)
Hệ số $n$	0,00428	0,00248
Hệ số chiều dài tính toán $\mu$	1,6813	2,0025
Chiều dài hình học $L$ (m)	18,00	15,00
Chiều dài tính toán $L_0$ (m)	30,26	30,4
Độ mảnh $\lambda$	115,357	114,492
Độ mảnh tương đương $\bar{\lambda}$	3,65	3,62
Hệ số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện $\eta$	1,10	1,10
Độ lệch tâm tính đổi $m_e$	11,01	11,01
Hệ số $\varphi_e$	0,0972	0,975
Ứng suất $\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	20,53	20,47

Thấy rằng, nếu lấy chiều dài hình học của cột đỡ đến tâm bảng ( $L^* = L_1 + 0,5 L_2 = 15,0$  m) và sơ đồ tính là thanh

(tiếp theo trang 56)

công xon với hệ số chiều dài tính toán  $\mu = 2,0$  (không xét đến ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cột) thì sẽ cho kết quả  $L_0 = \mu L^* = 30$  m. Giá trị này so với kết quả chiều dài tính toán theo sơ đồ (i) chênh lệch 0,39%, là khá nhỏ. Như vậy, trong tính toán thực hành đối với trường hợp này có thể lấy chiều dài hình học của cột tính đến trọng tâm tấm bảng với hệ số chiều dài tính toán  $\mu = 2,0$ .

#### Kết luận và kiến nghị:

Qua kết quả của nghiên cứu trên, cho thấy:

Công thức xác định hệ số chiều dài tính toán  $\mu$ , được tác giả thiết lập cho 02 nhóm sơ đồ tính cột của Bảng quảng cáo, có đủ tin cậy, có thể áp dụng trong tính toán thực hành. Đồng thời, các công thức này sẽ thay thế sự phức tạp khi phải sử dụng bảng tra ở trong tiêu chuẩn TCVN 5575:2012, cũng sẽ dễ dàng hơn cho việc tự động hóa tính toán;

Trong tính toán thực hành, có thể đơn giản hóa việc xác định chiều dài tính toán cột bằng cách lấy chiều dài hình học tính từ chân cột đến điểm giữa của chiều cao tấm bảng và với hệ số chiều dài tính toán  $\mu = 2,0$ .

Ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cột đến hệ số chiều dài tính toán là khá nhỏ (như ở mục 2.3.b), có thể bỏ qua trong tính toán thực hành trong trường hợp ở ví dụ này./.

#### Tài liệu tham khảo

1. TCVN 2737:1995 (1995). *Tải trọng và Tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
2. TCVN 5575:2012 (2012), *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*, Tiêu chuẩn Việt Nam, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
3. Lê Thọ Trình, Đỗ Văn Bình (2008), *Ổn định công trình*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. Eurocode 3: *Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*.
5. ANSI/AISC 360-16 *An American National Standard. Specification for Structural Steel Buildings*.
6. ASCE/SEI 48-11 (2011), *Design of Steel Transmission Pole Structures*, American Society of Civil Engineers and Structural Engineering Institute.

7. Исаев, А.В. 2005 *Методика расчета и совершенствование конструктивных форм рекламных конструкций*, кандидат технических наук. Автореферат дисс. кандидата техн. наук. Казань.: КГ АСУ, 2005. - 186 с.
8. СП 16.13330.2016. *Стальные конструкции*. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*. — М.: [б.и.], 2017. — 145 с.
9. 07SG526 (2007), *户外钢结构独立柱广告牌结构图集*, 工程图集, 北京: 中国计划出版社 (inChina), (tạm dịch: *Bảng quảng cáo cột độc lập kết cấu thép ngoài trời - Thiết kế điển hình kết cấu thép*).
10. CECS148 (2003) *户外广告设施钢结构技术规程* [S]. 北京: 中国计划出版社 (inChina) (tạm dịch: *Thông số kỹ thuật cho kết cấu thép của các Kết cấu quảng cáo ngoài trời*).