



NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CỘT THANG NÂNG PHỤC VỤ SỬA CHỮA BẢO DƯỠNG PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN LÀM VIỆC TẠI CÁC HỘI TRƯỜNG VÀ GIẢNG ĐƯỜNG LỚN THUỘC CÁC TÒA NHÀ NHIỀU TẦNG

Hà Thẩm Phán^{1*}, Phạm Quang Dũng²

Tóm tắt: Thang nâng là thiết bị được sử dụng trong việc đưa người lên cao để thực hiện các công việc như sửa chữa bảo dưỡng thiết bị hoặc thi công công trình. Với các thang nâng thông thường hiện nay thường được sử dụng chủ yếu ở bên ngoài công trình hoặc ở bên trong các sảnh tầng 1 của các tòa nhà nhiều tầng. Tuy nhiên, với các hội trường hoặc các giảng đường lớn trong các tòa nhà nhiều tầng không có thiết bị nâng chuyên dùng để vận chuyển thang nâng giữa các tầng thì các thang nâng sử dụng hiện nay đều chưa phù hợp với điều kiện làm việc tại đây. Chính vì vậy, nội dung bài báo này sẽ đề xuất một phương án thang nâng phục vụ sửa chữa bảo dưỡng phù hợp với điều kiện làm việc tại các hội trường và giảng đường lớn thuộc các tòa nhà nhiều tầng, từ đó xây dựng phương pháp tính toán bộ phận chính của thang nâng là cột thang nâng theo tiêu chuẩn cho thang nâng chở người.

Từ khóa: Thang nâng; sàn công tác; cột thang nâng.

Research on method of calculating vertically extendable masts of lifting apparatus for repairing and maintaining in meeting halls and large lecture rooms of multi-floor buildings

Abstract: Lifting apparatus used for raising operators and materials to an elevated location for repairing, maintaining equipments or doing building operations. Today, the normal lifting apparatuses used only outside of building or inside of the first floor's hall of multi-floor building. However in the meeting hall or large lecture hall of multi-floor building which have not got any lifting equipment for moving lifting apparatus between floors, normal lifting apparatuses are not suitable for that place. This paper suggests a new lifting apparatus for repairing, maintaining equipment and is suitable for using in the meeting hall or large lecture hall of multi-floor building and this paper also founds a new method of calculation vertically extendable mast complying with the mobile elevating work platforms.

Keywords: Lifting apparatus; work platform; vertically extendable mast.

Nhận ngày 27/5/2016; sửa xong 10/6/2016; chấp nhận đăng 21/3/2017

Received: May 27, 2016; revised: June 10, 2016; accepted: March 21, 2017



1. Đặt vấn đề

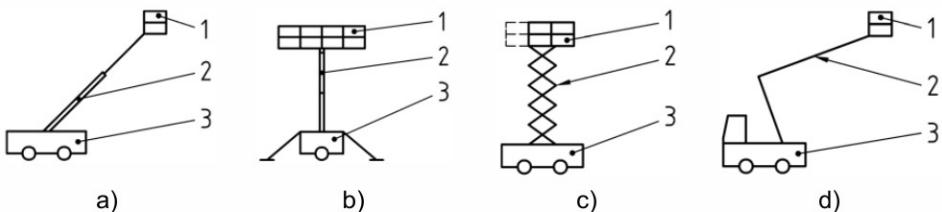
Thang nâng chuyên phục vụ sửa chữa, bảo dưỡng thiết bị ở trên cao được sử dụng khá phổ biến hiện nay. Chuyển động chính của thang nâng là nâng hạ theo phương thẳng đứng, ngoài ra nó còn có thể di chuyển trong mặt bằng làm việc. Cấu tạo chung của các thang nâng hiện nay (Hình 1) thông thường bao gồm 3 phần chính là sàn công tác 1, cột nâng hạ sàn công tác 2, khung bệ và chân chống 3 [1]. Hiện nay trên thế giới đã có khá nhiều hãng chuyên sản xuất các loại thang nâng phục vụ làm việc ở trên cao và một số đơn vị đã nhập khẩu loại thang nâng chuyên dùng này vào sử dụng ở nước ta, trong nước hiện chưa có đơn vị nào nghiên cứu hoặc sản xuất các loại thang nâng này. Theo tác giả tìm hiểu hầu hết các thang nâng hiện nay đều được nhập khẩu nguyên chiếc có kích thước và khối lượng lớn [2]. Chính vì vậy, chúng chỉ phù hợp làm việc ở vị trí có mặt sàn bằng phẳng và khi làm việc ở các tòa nhà nhiều tầng thì phải có thiết bị nâng chuyên dụng để vận chuyển thang nâng giữa các tầng cần phục vụ.

Trong các trường đại học và các tòa nhà đa năng cao tầng hiện nay thường có các hội trường và các giảng đường lớn với chiều cao từ sàn tới trần đến 10 mét. Trong các hội trường và giảng đường này thường có trang bị các thiết bị như chiếu sáng, điều hòa, thông gió, thiết bị âm thanh và trong quá trình vận hành thường phải bảo dưỡng sửa chữa với khối lượng công việc nhỏ lẻ. Nếu sử dụng các loại thang nâng sẵn có trên thị trường hiện nay vào phục vụ trong các hội trường và giảng đường này thì không phù hợp vì thông thường các tòa nhà trong các trường đại học thường có từ 2÷3 tầng và thường không có thang máy để vận chuyển giữa các tầng, kể cả trong các tòa nhà đa năng cao tầng có thang máy thì cũng không thể vận chuyển giữa các tầng do không thể chia thành các cụm nhỏ để đưa vào thang máy.

¹ThS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

²PGS.TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

*Tác giả chính. E-mail: phanht@nuce.edu.vn.

**Hình 1.** Một số dạng thang nâng người được sử dụng hiện nay [1]

Vì vậy, trong bài báo này sẽ đề xuất phương án khả thi thang nâng phục vụ sửa chữa bảo dưỡng theo mục tiêu kết cấu có khả năng chế tạo trong điều kiện Việt Nam và đảm bảo khả năng vận chuyển thủ công giữa các tầng trong các tòa nhà để phù hợp với điều kiện làm việc trong các hội trường và giảng đường lớn, từ đó xây dựng phương pháp tính toán kết cấu cột thang nâng chuyên dùng theo quy định trong tiêu chuẩn về thang nâng chở người [3, 6].

C 2. Phân tích đề xuất phương án thang nâng người dùng trong các hội trường và giảng đường lớn

2.1 Các yêu cầu đối với phương án đề xuất

Để phù hợp với điều kiện làm việc trong các hội trường và giảng đường lớn, phương án thang nâng đề xuất phải đảm bảo các yêu cầu sau: Đảm bảo khả năng làm việc an toàn với đặc tính kỹ thuật yêu cầu, thuận tiện thao tác; Có kích thước, trọng lượng nhỏ gọn; Kết cấu thang nâng có thể chia thành các cụm có khối lượng dưới 50÷60kg để đảm bảo khả năng vận chuyển bằng thủ công giữa các tầng trong tòa nhà 2÷3 tầng và đưa được vào thang máy để vận chuyển lên các tầng trong các tòa nhà đa năng cao tầng. Các cụm phải đảm bảo dễ dàng tháo lắp và kiểm tra an toàn trước khi đưa vào sử dụng; Phương án thang nâng đề xuất phải có khả năng chế tạo từ các vật tư, phụ kiện sẵn có trong nước, phù hợp với điều kiện công nghệ chế tạo trong nước.

2.2 Phân tích đề xuất phương án

Theo Hình 1 thang nâng người thông thường gồm 3 phần là sàn công tác, cột nâng hạ, khung bệ và chân chống, trong đó cụm sàn công tác và khung bệ là các cụm kết cấu thông thường và có thể dễ dàng đáp ứng các yêu cầu trong mục 2.1. Riêng phần cột nâng hạ thường có khối lượng lớn và bao gồm cả phần kết cấu chịu lực cùng với hệ truyền động nâng hạ sàn công tác. Vì vậy, để đảm bảo yêu cầu trong mục 2.1 cần phải nghiên cứu đưa ra phương án kết cấu cột thang nâng hợp lý, có thể dễ dàng chia thành các cụm lắp ghép nhỏ.

Theo kết cấu, cột thang nâng có thể phân loại theo số lượng cột (1 hoặc 2 cột); theo tiết diện cột (cột kiểu ống lồng, cột kiểu trượt cạnh nhau, cột tiết diện vuông, cột tiết diện hình chữ nhật); theo vật liệu sử dụng (cột nhôm, cột thép); theo phương pháp nâng hạ sàn công tác (cột duỗi dài bằng xylanh thủy lực, bằng dẫn động cáp hoặc xích)... Với các thang nâng dùng sửa chữa bảo dưỡng trong nhà thường có tải trọng nâng không lớn (< 2 người) và thường sử dụng cột dạng trượt trên nhau hoặc cột ống lồng để giảm kích thước và khối lượng của cột thang nâng. Các thang nâng hiện nay thường sử dụng vật liệu nhôm để chế tạo các đoạn cột với hệ truyền động thường sử dụng truyền động xích hoặc kết hợp xylanh thủy lực với truyền động xích. Phương án này tuy giảm khối lượng cột nhưng lại tăng khối lượng khung bệ do có thêm bộ nguồn thủy lực và khó chia cột thang nâng thành các đoạn nhỏ, mặt khác việc sử dụng vật liệu nhôm làm tăng giá thành và khó thi với điều kiện công nghệ chế tạo trong nước.

Qua phân tích các dạng thang nâng đã có trên thế giới hiện nay, kết hợp với yêu cầu trong mục 2.1, tác giả bài báo đã đề xuất phương án thang nâng có khả năng làm việc an toàn ở trên cao và hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu đề ra đối với thang nâng cần thiết kế (Hình 2). Cột thang nâng được tổ hợp từ nhiều đoạn cột có khả năng trượt cạnh nhau thông qua hệ ray trượt 9 - con trượt 11 (Hình 2d). Từng đoạn cột thang nâng được cấu tạo như một thang leo bộ thông thường với hai nhánh hai bên được ghép từ các thanh thép hộp 8 với ray trượt 9, nối giữa hai nhánh là các thanh ngang làm bậc thang 12. Hệ truyền động nâng hạ sàn công tác là hệ thống truyền động cáp pa lăng nghịch thông qua cơ cầu nâng 3 đặt trên khung bệ phía dưới. Sàn công tác 7 gắn trên đoạn cột di động trên cùng, nhờ cơ cầu nâng 3 cuốn cáp 4 thông qua các puly gắn trên đỉnh các đoạn cột để kéo các đoạn cột di động đi lên. Trong khi làm việc sử dụng hệ chân chống trên khung bệ 1 để đảm bảo ổn định cho thang nâng. Để di chuyển giữa các vị trí, thang nâng phải được thu gọn về như Hình 2c và sau đó được đẩy sang vị trí mới. Có thể thấy do sử dụng kết cấu các đoạn cột trượt cạnh nhau và truyền động cáp bố trí bên ngoài với các đoạn cáp riêng biệt nên việc phân chia cột thành các cụm nhỏ có khối lượng dưới 5060kg và lắp ghép lại, kiểm tra an toàn rất dễ dàng. Các vật tư và phụ kiện chế tạo cột đều có sẵn trên thị trường trong nước và hoàn toàn khả thi trong điều kiện Việt Nam cả về mặt công nghệ chế tạo cũng như giá thành sau chế tạo.



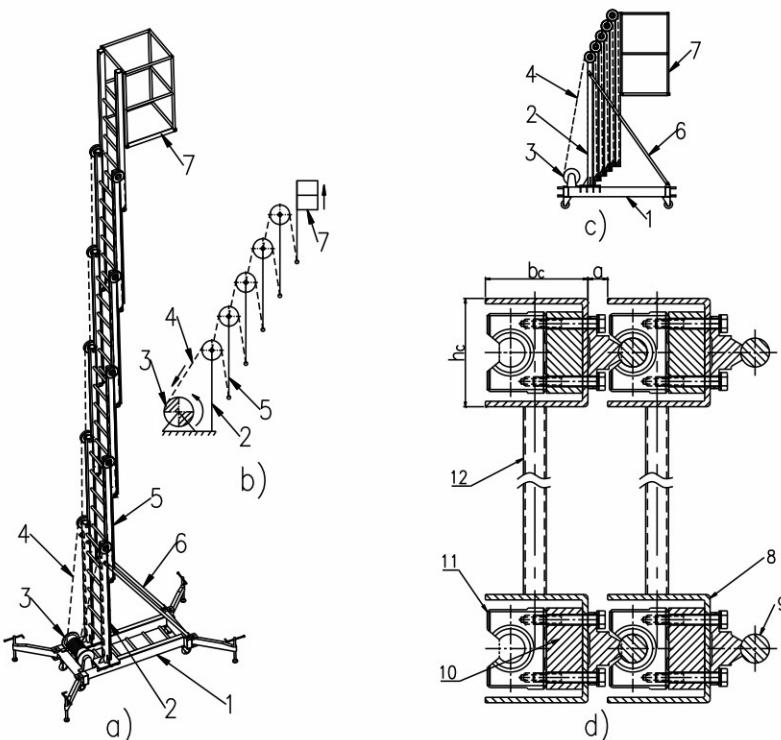
3. Phương pháp tính toán cột thang nâng dùng trong các hội trường và giảng đường lớn

Phương án cột thang nâng đã đề xuất thuộc loại có kết cấu cột và hệ thống truyền động không phỗ biến, chưa được giới thiệu trong các giáo trình chuyên ngành và tài liệu kỹ thuật trong nước. Vì vậy, cần phải xây dựng phương pháp tính toán cho cột thang nâng đã đề xuất, cả phần kết cấu lẫn hệ thống truyền động trên cơ sở kiến thức chuyên ngành và tiêu chuẩn tính toán thang nâng chở người EN 280:2013. Trên Hình 3 và 4 trình bày sơ đồ khái niệm tự tính toán và sơ đồ tính toán cột thang nâng do tác giả bài báo đề xuất.

3.1 Cơ sở lý thuyết tính toán cột thang nâng

Cấu tạo cột thang nâng đề xuất gồm nhiều đoạn cột chịu tải trọng khác nhau. Vì vậy để tính toán cột thang nâng cần phải tính riêng cho từng đoạn cột, sau đó tổ hợp lại để tính toán cho toàn bộ cột.

a) Xác định lực căng cáp S , và tải trọng tác dụng vào các đoạn cột P ,



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý làm việc của thang nâng người đề xuất

a) Trạng thái khi làm việc; b) Sơ đồ mắc cáp; c) Trạng thái khi di chuyển; d) Liên kết các đoạn cột di động

1.Khung bệ; 2.Đoạn cột cố định; 3.Cầu nâng hạ; 4.Cáp nâng hạ; 5.Đoạn cột di động; 6.Thanh chống; 7.Sàn công tác; 8.Kết cấu hộp chịu lực; 9.Ray trượt; 10.Tấm lót; 11.Con trượt; 12.Thanh ngang.

Giả thiết cột có n đoạn di động (không tính đoạn cột cố định), ký hiệu trọng lượng cột thứ i là G_i ($i=1 \dots n$); lực căng cáp dẫn (nâng) cột thứ i : S_i ($i=1 \dots n$); lực dọc tác dụng lên cột thứ $(i-1)$ do tải từ cột thứ i gây ra: P_i ($i=1 \dots n$). Coi các nhánh cáp là thẳng đứng (góc nghiêng của cáp nhỏ), bỏ qua lực ma sát trượt giữa các đoạn cột ta có:

$$\text{+ Trên cột thứ } n: \quad S_n = Q + G_n, \text{ (N)} \quad (1)$$

$$\text{+ Trên cột thứ } n-1: \quad P_n = S_n + \frac{S_n}{\eta}, \text{ (N)} \quad S_{n-1} = P_n + G_{n-1}, \text{ (N)} \quad (2)$$

$$\text{+ Trên cột thứ } n-2: \quad P_{n-1} = S_{n-1} + \frac{S_{n-1}}{\eta} - \frac{S_n}{\eta}, \text{ (N)} \quad S_{n-1} = P_{n-2} + G_{n-1}, \text{ (N)} \quad (3)$$

Tương tự có thể áp dụng công thức tổng quát cho đoạn cột di động thứ i :

$$P_{i+1} = S_{i+1} + \frac{S_{i+1}}{\eta} - \frac{S_{i+2}}{\eta} \quad S_i = P_{i+1} + G_i, \text{ (N)} \quad (4)$$

$$\text{Lực căng cáp cuốn lên tang:} \quad S_i = S_i / \eta, \text{ (N)} \quad (5)$$

Các giá trị lực P_i dùng tính toán kết cấu cột, các giá trị lực S_i dùng để tính toán hệ dẫn động.

b) Xác định tốc độ cuộn cáp V_c và công suất động cơ N_{dc}

Theo như sơ đồ mắc cáp, tang cuốn 1 đoạn cáp a thì cột di động thứ 1 nâng lên chiều cao e, các cột thứ (2+n) nâng lên chiều cao 2e. Chiều cao nâng tính đến chân cột cố định dưới cùng:

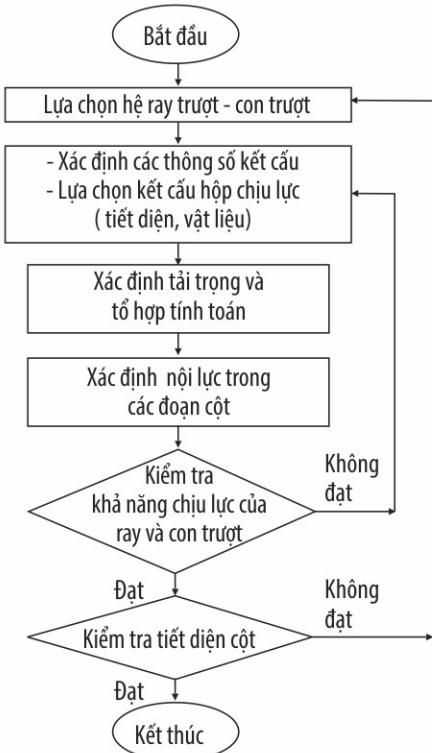
$$H = e + 2e \cdot (n-1) \quad (6)$$

$$\text{Tỷ số truyền của hệ thống truyền động cáp: } i = \frac{H}{e} = \frac{e + (n-1) \cdot 2e}{e} = 2n - 1 \quad (7)$$

$$\text{Tốc độ cuộn cáp } V_c \text{ ứng với } V_n \text{ (m/ph): } V_c = \frac{V_n}{60 \cdot i} = \frac{V_n}{60 \cdot (2n-1)} , \text{ (m/s)} \quad (8)$$

Công suất động cơ N_{dc} :

$$N_{dc} = \frac{S_r \cdot V_c}{1000 \cdot \eta_c} , \text{ (kW)} \quad (9)$$



Hình 3. Sơ đồ khép kín để xác định kết cấu cột thang nâng người

3.2 Xác định các thông số kết cấu của cột thang nâng

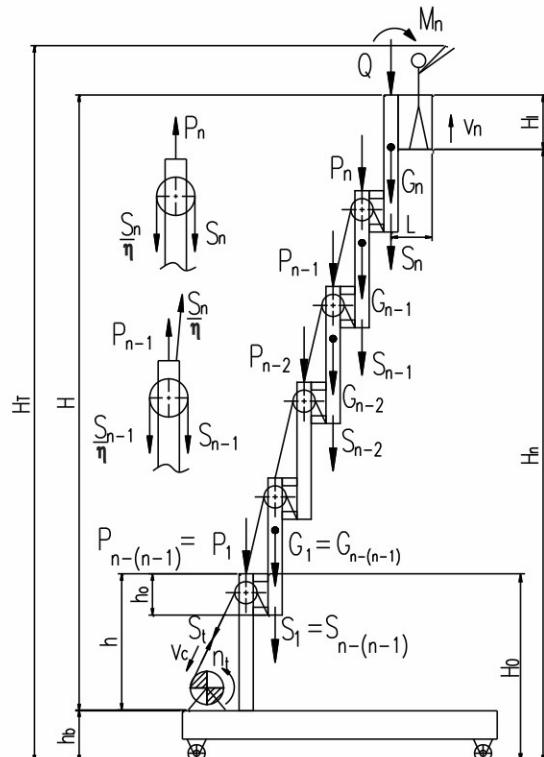
Các thông số hình học cơ bản của kết cấu cột thang nâng thể hiện trên Hình 2 và Hình 4 gồm nhiều thông số khác nhau và có thể chia làm 2 nhóm:

- Nhóm 1: kích thước kết cấu cột liên quan trực tiếp đến đặc tính kỹ thuật của thang nâng, bao gồm: chiều cao thi công yêu cầu H_r (m); chiều cao của khung bệ H_b (m); chiều dài làm việc của 1 đoạn cột h (m); số lượng đoạn cột di động (không tính đoạn cột cố định) n ; chiều dài gối lênh nhau của 2 đoạn cột liên tiếp h_o (m); chiều cao tổng thể của thang nâng sau khi thu gọn là $H_o = h + h_b$ (m).

- Nhóm 2: kích thước liên quan tiết diện của các đoạn cột, bao gồm: tiết diện của kết cấu hộp chịu lực $b_c \times h_c \times t$ (mm); khoảng cách khe hở giữa 2 cột liên tiếp $a \geq 5\text{mm}$; kích thước của ray trượt, con trượt.

Từ Hình 2 và Hình 4 có thể đưa ra một số nhận xét như sau:

- Nếu chọn trước h_b và giới hạn H_o thì chỉ còn lại thông số n, h, h_o cần phải xác định. Số lượng cột n sẽ tỷ lệ nghịch với h đồng thời n tỷ lệ thuận với phản lực tác dụng vào con trượt nằm trên cột 1 do khi đó cánh tay đòn của tải trọng Q_n tăng lên. Tuy nhiên, h_o sẽ tỷ lệ nghịch với giá trị phản lực này và giá trị h sẽ tỷ lệ thuận với h_o . Giá trị lực căng cáp cuốn lên tang S_t tỷ lệ thuận với số lượng cột n .



Hình 4. Sơ đồ khép kín để xác định kết cấu cột thang nâng người



- Nếu chọn hộp chịu lực là thép hộp chữ nhật ($b_c > h_c$) thì có thể tăng khả năng chống uốn của từng đoạn cột tuy nhiên cũng sẽ làm tăng cánh tay đòn của tải trọng Q_n .

Như vậy có thể thấy bài toán thiết kế cột thang nâng là bài toán tổ hợp nhiều thông số cần xác định tuy nhiên trong phạm vi bài toán thiết kế kỹ thuật có thể giảm bớt một số các thông số bằng việc lựa chọn trước các vật tư sẵn có như loại ray trượt, con trượt tương ứng và một số tiết diện hộp chịu lực theo quy cách và có thể lắp được con trượt theo phương án đã lựa chọn. Khi đó bài toán còn lại việc xác định các thông số n, h, h_0 .

3.3 Tải trọng, tổ hợp tải trọng tính toán

a) Tải trọng tính toán

Tải trọng tính toán kết cấu cột thang nâng được tác giả lấy theo điều 5.2.2, EN 280-2013 bao gồm các tải trọng nêu trong Bảng 1 dưới đây (bỏ qua tải trọng gió do thang nâng làm việc trong nhà).

Bảng 1. Tải trọng tính toán kết cấu cột thang nâng

Loại tải trọng	Khi làm việc	Khi thử tải tĩnh	Khi thử tải động
Tải trọng nâng Q (N)	$Q_{tt} = Q_n + G_{bn}$	$Q_t = 1,25Q_n + G_{bn}$	$Q_d = 1,1Q_{tt} + G_{bn}$
Tải trọng do trọng lượng bản thân G (N)	G_i	G_i	G_i
Tải trọng do tác động của đối tượng công tác P_{ct} (N)	$P_{ct} = 200$	0	$P_{ct} = 200$
Tải trọng làm việc (do lực căng cáp S_i) P_{iv} (N)	P_i	P_i	P_i
Tải trọng do độ nghiêng của sàn W_n (kè đến bằng hệ số $k_n = \sin\alpha$ với $\alpha \leq 0,5^\circ$)	$k_n = \sin\alpha$	0	$k_n = \sin\alpha$
Tải trọng quán tính P_{qt} (kè đến bằng hệ số k_d)	$k_d = 1,1$	0	$k_d = 1,1$

b) Tổ hợp tải trọng tính toán

- *Tổ hợp tải trọng trong trạng thái làm việc (hệ số an toàn $n=1,5$):*

+ TH1.1: Sàn công tác được nâng lên vị trí cao nhất và có người đứng trên sàn công tác:

$$(k_d + k_n) \cdot (Q_{tt} + G + P_{iv})$$

+ TH 1.2: Sàn công tác ở vị trí cao nhất và có người đang làm việc trên sàn công tác:

$$(1+k_n) \cdot (Q_{tt} + G + P_{iv} + P_{ct})$$

- *Tổ hợp tải trọng trong trạng thái thử tải (hệ số an toàn $n=1,1$):*

+ TH 2.1: Thử tải động (sàn công tác và tải thử động được nâng lên vị trí cao nhất)

$$(k_d + k_n) \cdot (Q_d + G + P_{iv})$$

+ TH 2.2: Thử tải tĩnh (sàn công tác và tải thử tĩnh ở vị trí cao nhất)

$$(1+k_n) \cdot (Q_t + G + P_{iv})$$

3.4 Xác định nội lực trên các đoạn cột

Sơ đồ tính toán nội lực từng đoạn cột khi duỗi ra hết được thể hiện trên Hình 5, ngoài các tải trọng nêu trên tác giả còn tính thêm mô men tại chân cột gây ra do P_i khi đỉnh cột có chuyển vị tĩnh một khoảng Δx_i . Riêng cột thứ n có thêm chuyển vị tĩnh do lực P_{ct} gây ra:

$$\Delta x_n^{P_{ct}} = P_{ct} \cdot h^3 / (3 \cdot E \cdot I) \quad (10)$$

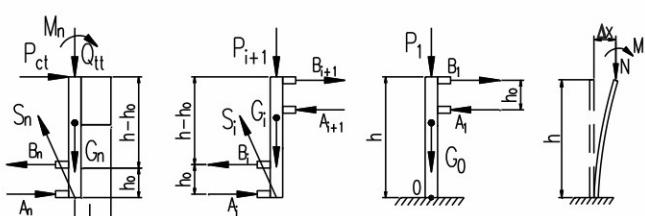
Giá trị chuyển vị tĩnh Δx_i ($i=0 \dots n$) tại đỉnh cột do mô men M được xác định theo công thức [4]:

$$\Delta x_i = \frac{M_i \cdot h^2}{2 \cdot E \cdot I} \cdot \left(1 - \frac{N_i}{N_{cr}}\right) \text{ với } N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4h^2} \quad (11)$$

Xét đoạn cột thứ n với điều kiện bỏ qua góc nghiêng của cáp nâng:

$$B_n = \frac{Q_n \cdot L + (Q_{tt} + G_n - S_n) \cdot (a + b_c) + P_{ct} \cdot h + Q_n \cdot \Delta x_n}{h_o} ; A_n = B_n - P_{ct} \quad (12)$$

Tương tự với đoạn cột thứ i , thay thế các phản lực A_{i+1} và B_{i+1} bằng một mô men uốn dương gần đúng tại vị trí đỉnh cột là $M_{i+1} = X_{B(i+1)} \cdot h_0$ ta có:



Hình 5. Sơ đồ tính toán các đoạn cột khi duỗi ra hết

- a) Đoạn cột thứ n ;
- b) Đoạn cột thứ i ;
- c) Đoạn cột cố định;
- d) Sơ đồ tính chuyển vị tĩnh Δx_i của mỗi đoạn cột;

A, B là các phản lực tại vị trí lắp con trượt



$$B_i = \frac{M_{i+1} + (P_{i+1} + G_i - S_i) \cdot (a + b_c) + P_{i+1} \cdot \Delta x_i}{h_0}; A_i \approx B_i \quad (13)$$

Suy ra với $i=1$ ứng với cột di động dưới cùng có:

$$A_1 \approx B_1 = \frac{M_2 + (P_2 + G_1 - S_1) \cdot (a + b_c) + P_2 \cdot \Delta x_1}{h_0} \quad (14)$$

Mô men uốn tại chân cột cố định (cột 0): $M_{max} = M_1 + P_1 \cdot \Delta x_0$ (15)

Lực dọc tại chân cột cố định (cột 0): $N_{max} = P_1 + G_0$ (16)

3.5 Kiểm tra tiết diện cột đã chọn

Từ các nội lực lớn nhất xác định theo mục 3.4 ứng với mỗi đoạn cột, tiến hành kiểm tra tiết diện cột đã chọn theo các điều kiện sau [5]:

- Điều kiện về độ mảnh: $\lambda_{max} \leq [\lambda]$ (17)

- Điều kiện về độ lệch tâm quy đổi: $m_e < 20$ (18)

- Điều kiện về bèn: $\frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} \cdot y_{max} + \frac{M_y}{I_y} \cdot x_{max} \leq [\sigma]$ (19)

- Điều kiện về ổn định tổng thể của cột: $\frac{N}{\varphi_c \cdot A} \leq [\sigma]$ (20)

- Điều kiện về chuyển vị tại đỉnh cột [7]: $x = \sum_{i=0}^n \Delta x_i \leq [x] = H/100$ (21)



4. Ví dụ tính toán

4.1 Thông số đầu vào

Lựa chọn ví dụ tính toán thiết kế cột của thang nâng phục vụ bảo dưỡng sửa chữa hội trường G3 và các giảng đường lớn trong nhà H2 Trường Đại học Xây dựng. Thông số đầu vào bao gồm: số người cho phép trên sàn công tác $n_0 = 1$ (hay $Q_n = 140kg$); kích thước sàn công tác $0,6 \times 0,6m$; chiều cao làm việc $H_T = 9m$; góc nghiêng làm việc cho phép $\alpha = 0,5^\circ$; chiều cao tổng thể sau khi thu gọn cột về là $H_{0max} = 2,3m$; chiều rộng con trượt nhỏ nhất $w = 45mm$ ứng với đường kính ray $d = 16mm$; khoảng cách tối thiểu giữa 2 con trượt $h_{0min} = 200mm$; tổng khối lượng 1 cụm lắp không lớn hơn $60kg$; vật liệu chế tạo hộp chịu lực là thép SS400 có $\sigma_{ch} = 240 N/mm^2$.

4.2 Tính toán, lựa chọn thông số kết cấu cột

a) Tính toán sơ bộ

Từ các thông số H_T và H_0 có thể tính toán, lựa chọn các thông số hình học khác:

$$H_n = H_T - 1,8 = 9 - 1,8 = 7,2(m)$$

Nếu chọn $H_b = 0,25(m)$ có: $H = H_n + H_b - H_b = 7,2 + 1,1 - 0,25 = 8,05(m) \Rightarrow [x] = H/100 = 80,5mm$.

Giới hạn kích thước $H_0 = 2,3m$ để đảm bảo điều kiện thao tác vận hành và vận chuyển qua các cửa hội trường và giảng đường. Giá trị số lượng cột tối thiểu xác định theo công thức:

$$n \geq \frac{H-h}{h-h_{0min}} = \frac{H-(H_0-h_b)}{(H_0-h_b)-h_{0min}} = \frac{8,05-(2,3-0,25)}{(2,3-0,25)-0,2} = 3,24 \quad (\text{đoạn})$$

Dựa vào điều kiện về kích thước bao của hệ cột và sàn công tác cùng với tham khảo các thang nâng cùng đặc tính kỹ thuật lựa chọn phương án khảo sát so sánh là cột có $n = (4, 5, 6, 7)$ đoạn. Giá trị h_0 được thay đổi trong khoảng từ $0,2 \div 0,5m$ với bước nhảy $0,05m$ (7 giá trị h_0).

Lựa chọn loại con trượt và ray trượt nhỏ nhất thường dùng trong các máy CNC theo catalogue của hãng HIWIN [9]: con trượt SBR16LUU tương ứng với ray trượt SBR16 có đường kính ray $d = 16mm$, tải trọng tĩnh của con trượt $C_0 = 2360N$. Do loại ray và con trượt nêu trên rất sẵn có trên thị trường với giá thành không cao nên trong ví dụ này sẽ cố định thông số của ray và con trượt, từ đó điều chỉnh các kích thước khác để đảm bảo khả năng chịu lực của ray và con trượt. Với con trượt SBR16LUU có bề rộng $w = 45mm$ cùng với điều kiện chiều dày hộp chịu lực tối thiểu là $3mm$, có thể lựa chọn ra một số phương án tiết diện hộp gồm: $50 \times 50 \times 3$; $60 \times 60 \times 3$; $75 \times 75 \times 3$.

b) Khảo sát lựa chọn hợp lý các thông số kết cấu cột

Có thể thấy với một phương án tiết diện hộp chịu lực sẽ có $4 \times 7 = 28$ cặp giá trị (n, h_0) . Tác giả sử dụng phương pháp lập bảng tính trong Excel và thử dần các cặp giá trị (n, h_0) . Kết quả thu được là các cặp giá trị (n, h_0)



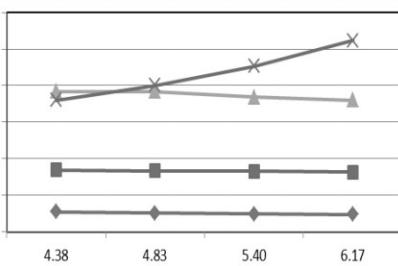
thỏa mãn các điều kiện (17)÷(21) cho ở Bảng 2 và 3 (tiết diện hộp 50x50x3mm không có cặp giá trị thỏa mãn). Trong trường hợp này chỉ lấy kết quả tính toán ứng với tổ hợp tải trọng 1.2 để so sánh. Từ các Bảng 2 và 3 tiến hành lập đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa $\Sigma\Delta x$, σ_{max} , ΣG_c , X_{Bmax} khi tỷ lệ h/h_0 thay đổi trong trường hợp giữ nguyên tiết diện hộp chịu lực và số lượng cột n , các đồ thị được thể hiện trên Hình 6.

Bảng 2. Các cặp giá trị (n , h_0) thỏa mãn các điều kiện yêu cầu khi sử dụng hộp 60x60x3mm

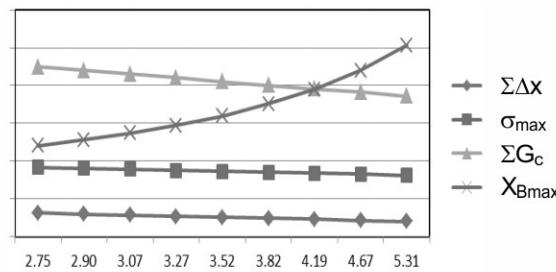
n	$h_0(m)$	$h(m)$	X_{Bmax} (N)	$\Sigma\Delta x$ (mm)	σ_{max} (N/mm ²)	ΣG_c (kg)	h/h_0
$n=5$	0.35	1.633	2220	41.4	133.0	130.0	4.67
$n=6$	0.35	1.450	2139	37.7	133.7	138.5	4.14
	0.4	1.493	2087	40.3	136.7	142.6	3.73
	0.45	1.536	1893	43.0	139.9	146.7	3.41
	0.5	1.579	1739	45.9	143.1	150.8	3.16

Bảng 3. Các cặp giá trị (n , h_0) thỏa mãn các điều kiện yêu cầu khi sử dụng hộp 75x75x3mm

n	$h_0(m)$	$h(m)$	X_{Bmax} (N)	$\Sigma\Delta x$ (mm)	σ_{max} (N/mm ²)	ΣG_c (kg)	h/h_0
$n=4$	0.3	1.85	2315	23.4	81.6	180.0	6.17
	0.35	1.89	2265	24.5	82.6	183.9	5.40
	0.4	1.93	2003	25.7	83.6	191.6	4.83
	0.45	1.97	1799	27.0	84.6	191.6	4.38
$n=5$	0.3	1.592	2534	20.3	81	186	5.31
	0.35	1.633	2199	21.5	83	191	4.67
	0.4	1.675	1949	22.8	83.9	195.5	4.19
	0.45	1.717	1755	24.1	85.2	200.4	3.82
	0.5	1.758	1599	25.5	86.4	205.3	3.52
	0.55	1.800	1473	26.9	87.7	210.1	3.27
	0.6	1.842	1368	28.4	89.1	215.0	3.07
	0.65	1.883	1280	29.9	90.4	219.9	2.90
	0.7	1.925	1204	31.4	91.8	224.7	2.75



a) Vói $n=4$



a) Vói $n=5$

Hình 6. Mối quan hệ giữa $\Sigma\Delta x$, σ_{max} , ΣG_c , X_{Bmax} với tỷ lệ h/h_0 theo số liệu Bảng 3

Qua các đồ thị Hình 6 có thể đưa ra một số nhận xét sau:

- Khi cùng loại hộp chịu lực và số lượng cột n thì giá trị h/h_0 tỷ lệ nghịch với $\Sigma\Delta x$, σ_{max} , ΣG_c tức là được lợi về mặt tải trọng tác dụng lên kết cấu nhưng đồng thời giá trị h/h_0 tỷ lệ nghịch với X_{Bmax} tức là thiệt về mặt tải trọng tác dụng lên con trượt dẫn hướng;

- Do giá trị h/h_0 tỷ lệ thuận và nghịch với 2 nhóm giá trị thông số khác nhau nên khi lập đồ thị có thể xác định được điểm giao cắt giữa các đường đồ thị để tìm ra giá trị h/h_0 hợp lý (Hình 6a giá trị $h/h_0=4,83$; Hình 6b giá trị $h/h_0=4,19$);



- Khi sử dụng cùng một loại tiết diện hộp chịu lực thì khi tăng số lượng đoạn cột n lên sẽ làm tăng đáng kể khối lượng của toàn bộ cột ΣG_c . Vì vậy trong trường hợp này nên chọn lựa số lượng đoạn cột n nhỏ nhất có thể được.

Kết quả khảo sát cho thấy phương án kết cấu cột gồm 5 đoạn di động và 1 đoạn cố định; sử dụng hộp chịu lực tiết diện $60x60x3\text{mm}$; chiều dài làm việc 1 đoạn cột $h=1,633\text{m}$; khoảng trống nhau giữa 2 đoạn cột là $h_0=0,35\text{m}$; tổng khối lượng các đoạn cột $\Sigma G_c = 130\text{kg}$ là phương án hợp lý nhất, được chọn để tính toán thiết kế thang nâng (có thể tách thành 3 cụm, mỗi cụm gồm 2 đoạn cột, có khối lượng 1 cụm khoảng 60kg kèm các phụ kiện kèm theo).

C 5. Kết luận

Trên cơ sở kết quả thu được, có thể rút ra các kết luận sau:

- Đã đề xuất được phương án thang nâng hợp lý, phù hợp với điều kiện làm việc tại các hội trường và giảng đường lớn đồng thời đảm bảo khả năng chế tạo với điều kiện công nghệ, vật tư sẵn có trong nước, đáp ứng được yêu cầu cấp thiết của thực tế.

- Đã xây dựng phương pháp tính toán bộ phận quan trọng nhất của thang nâng là cột thang nâng theo tiêu chuẩn về thang nâng chở người EN 280:2013.

- Đã tính toán thiết kế cột thang nâng phục vụ bảo dưỡng, sửa chữa hội trường G3 và các giảng đường lớn trong nhà H2 Trường Đại học Xây dựng. Phương án thiết kế hoàn toàn có thể chế tạo trong nước với giá thành hạ và đưa vào sử dụng trong thực tế, từ đó có thể điều chỉnh thiết kế và hoàn thiện để chuyển giao áp dụng cho các cơ sở khác.

Tài liệu tham khảo

1. EN 280-2013, *Mobile elevating work platforms-Design calculations-Stability criteria-Construction-Safety-Examinations and tests*.
2. Noveltek Industrial Manufacturing Inc. (2010), *MPL-AC Series Vertical lift*, Catalog.
3. ANSI/SIAA92.6-2006, *American national standard for self-propelled elevating work platforms*.
4. Lanfeng Yu (2008), "Calculation method and control value of static stiffness of tower crane", *Journal of Mechanical Science and Technology* 22 (2008), 829-834.
5. TCVN 5575-2012, *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*.
6. Samick Precision Ind.Co.,LTD (2012), *The principle of linear system – Linear Businig*, Catalog No.1201.
7. Trương Quốc Thành, Phạm Quang Dũng (2004), *Máy và thiết bị nâng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
8. QTKĐ:22-2014/BLĐTBXH, *Quy trình kiểm định kỹ thuật an toàn xe nâng người*.
9. TCVN 4244-2005, *Thiết bị nâng, thiết kế, chế tạo, kiểm tra kỹ thuật*.
10. Pat L.Collins (1981), *Powered Manlift Cart*, United States Patent number 4,258,825.