

PHÂN TÍCH KẾT CẤU DÀN CONG KHÔNG GIAN BẰNG PHẦN MỀM SAP2000

STRUCTURE ANALYSIS OF CURVED SPACE TRUSS BY SAP2000

ThS. Nguyễn Doãn Nội
Khoa Xây dựng - Trường ĐHXD Miền Tây
Email: nguyendoannoi@mtu.edu.vn
Điện thoại: 0986 737 878

Ngày nhận bài: 29/8/2022
Ngày gửi phản biện: 14/9/2022
Ngày chấp nhận đăng: 03/10/2022

Tóm tắt:

Dàn không gian là loại dàn được sử dụng phổ biến để lợp mái những công trình có nhịp lớn, trong đó dàn cong không gian là loại được sử dụng phổ biến nhất. Tuy nhiên, phương pháp tính toán và thiết kế dàn này lại chưa được phổ biến. Bài báo này sẽ giới thiệu và trình bày phương pháp phân tích kết cấu một hệ dàn cong không gian được tổ hợp bằng thép ống bằng phần mềm SAP2000. Khi phân tích kết cấu, một số mô hình tính được đưa ra xem xét và phân tích, kết quả tính toán được so sánh với nhau. Từ đó để xuất mô hình tính toán phù hợp dùng để phân tích kết cấu dàn cong không gian.

Từ khóa: Dàn không gian, dàn cong, kết cấu dàn ống thép, mô hình và phân tích kết cấu.

Abstract:

Space Truss is a most commonly using type of truss for roofing buildings with large spans, Curved Space Truss is the most commonly using type. However, the methods of analyzing and designing this Truss type is unpopular. This paper will introduce and analysis for a Curved Space Truss structure by SAP2000 Structural Analysis Program. During structural analysis, several computational models are considered, and the calculation results are compared. Thence, the author will purpose compatible models to analysis of curved space truss.

Keywords: Space Truss, Curved Space Truss, truss structure steel pipe, modelling, and analysis.

1. Giới thiệu

Dàn không gian bằng thép là một hệ kết cấu chịu lực trong công trình xây dựng, được tổ hợp bởi các phần tử kết cấu dạng thanh, thường được làm bằng thép. Kết cấu này thường dùng khi người ta muốn tạo nhịp lớn.

Tuy dàn không gian là loại kết cấu khá phổ biến trong xây dựng công nghiệp hiện nay, nhưng những kiến thức về kết cấu dàn không gian vẫn khá ít, chúng chỉ phổ biến ở những công ty chuyên thi công kết cấu dàn không gian. Các tài liệu chuyên ngành về xây dựng cũng chỉ đề cập loại dàn này ở phần phân loại [1] hoặc ở các yêu cầu kỹ thuật và cấu tạo [2], chưa có tài liệu nào hướng dẫn cụ thể về lập sơ đồ tính khi phân tích dàn cong.

Đối với dàn mái nhà công nghiệp hình thang hoặc hình tam giác, người ta xây dựng sơ đồ tính đơn giản hóa bằng cách tách dàn thành một cấu kiện riêng lẻ với liên kết đất là gối cố định và một gối di động [1, 3]. Với dàn cong, có thể áp dụng sơ đồ tính đơn giản hóa để phân tích kết cấu được không còn chưa được nghiên cứu và đánh giá.

Dàn mái cong đã được nhóm nghiên cứu dẫn đầu bởi G.Saber [4] nghiên cứu và trình bày phương pháp phân tích và thiết kế tối ưu dàn mái cong 2D và 3D chịu tải trọng tĩnh với liên kết nối đất cụ thể. Sau đó, nhóm nghiên cứu dẫn đầu bởi P.M. Sudeep [5] đã nghiên cứu đến sự thay đổi ứng suất và biến dạng trong các phần tử thanh dàn theo sự thay đổi chiều dài nhịp và độ cong của dàn.

Trong bài báo này, tác giả sẽ phân tích kết cấu cho một hệ dàn cong không gian được tổ hợp từ thép ống bằng phần mềm SAP2000. Trong quá trình phân tích kết cấu, tác giả xây dựng sơ đồ tính đơn giản hóa như áp dụng cho dàn hình thang và hình tam giác theo [1, 3] và đưa ra một số sơ đồ tính mà các kỹ sư kết cấu thường sử dụng trong thiết kế tại Việt Nam nhằm tính toán nội lực cho các phần tử thanh. Kết quả tính toán thu được từ các sơ đồ tính được so sánh với nhau. Từ đó, tác giả đề xuất những mô hình tính toán phù hợp dùng để phân tích kết cấu dàn cong không gian.

2. Các phương pháp tính toán dàn

Dàn mái nhà công nghiệp hình thang hoặc hình tam giác đã được tác giả Phạm Văn Hội [1] và Đoàn Định Kiến [3] đưa ra sơ đồ tính toán nội lực các phần tử thanh dàn bằng cách tách dàn thành một cấu kiện riêng lẻ với liên kết đất là gối cố định và một gối di động. Với dàn hình thang và tam giác, lực đập ngang H được các thanh cánh dưới của dàn khống chế nên chuyển vị ngang tại gối tựa di động cũng được khống chế, gối tựa di động cũng gần như gối cố định, sơ đồ tính này chỉ cần đủ liên kết đất.

Tuy nhiên đối với dàn cong, lực đập ngang H tại chân dàn là rất lớn. Khi áp dụng sơ đồ tính đơn giản hóa cho dàn mái cong, chuyển vị gối tựa sẽ không bị khống chế sẽ lớn, kéo theo nội lực trong các phần tử dàn lớn. Thực tế khi dàn mái cong tựa lên cột bê tông cốt thép, cột có độ cứng sẽ khống chế chuyển vị này làm

cho nội lực trong phần tử dàn sẽ thay đổi.

Nội lực trong các phần tử thanh của một dàn cong không không gian được tổ hợp từ thép ống được tính toán bằng phần mềm SAP2000. Có 3 sơ đồ tính được xem xét để tính toán nội lực trong các phần tử thanh. Ngoài sơ đồ đơn giản hóa với một gối tựa cố định và một gối di động theo [1, 3], tác giả lựa chọn thêm 2 sơ đồ: Sơ đồ tổ hợp dàn cột với liên kết cột với dàn là khớp, sơ đồ tổ hợp không gian với toàn bộ kết cấu đỡ dưới dàn.

3. Sơ đồ tính và phân tích:

3.1. Chuẩn bị mô hình

Công trình được xem xét tính toán ở đây là một hội trường có mặt bằng hình chữ nhật có khoảng cách lớn nhất giữa các cột theo phương nhịp của dàn là 30m, chiều dài của hội trường là 34,2m. Số dàn kèo là 10 với khoảng cách tim đến tim là 3,8m và mỗi dàn kèo tựa trên 2 cột tròn. Dàn cong theo cung tròn với bán kính cong $R=27m$, chiều cao tại giữa dàn là 4,55m với góc nghiêng đầu dàn là 33 độ (hình 1).

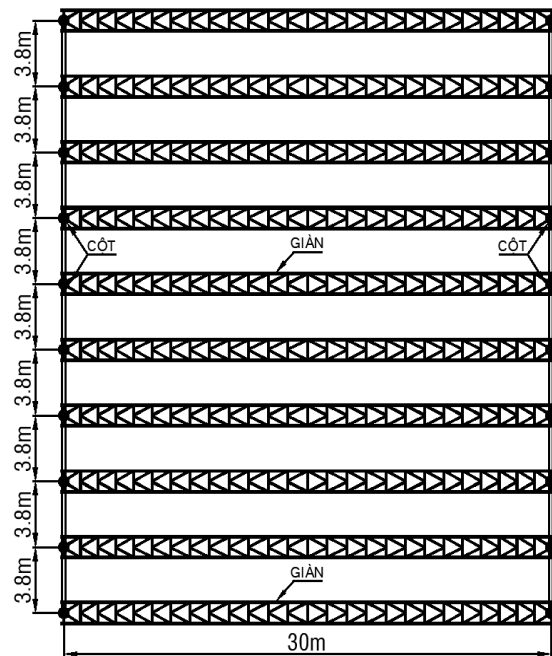
Giải pháp sử dụng dàn cong không gian bằng thép ống được đưa ra làm kết cấu đỡ mái vì đây là loại dàn trong đó các thanh dàn đều được làm thép ống, loại dàn này có trọng lượng nhẹ, các thanh có bán kính quán tính lớn và ổn định cao, chúng chịu nén tốt [1].

Tải trọng tác dụng lên dàn gồm có: Tải trọng mái tôn và xà gỗ thép, tải trọng lớp cách nhiệt, hoạt tải sửa chữa mái. Tải trọng được tra theo TCVN 2737:1995 [6]

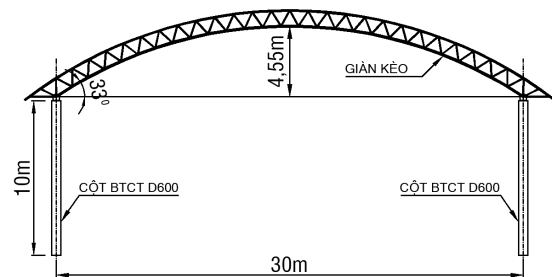
Tải trọng gió không xét tính trong mô

hình vì các hệ số khí động đều cho giá trị âm (gió bốc ngược chiều tính tải).

Tải trọng được đưa về tập trung tại các nút của dàn cong với giá trị là 1,55kN.

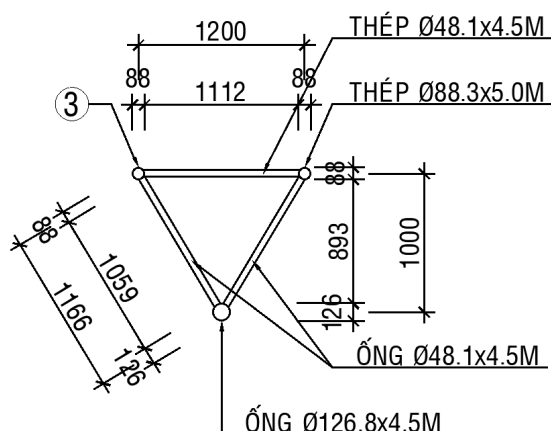


Hình 1. Mặt bằng dàn mái



Hình 2. Mặt đứng của hệ dàn kèo

Tiết diện của thanh dàn được tính và chọn cho để đủ khả năng chịu lực cho phù hợp như sau:



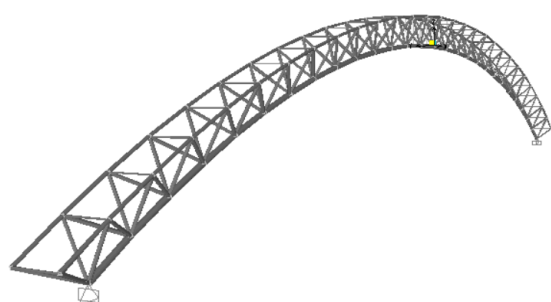
Hình 3. Sơ đồ tiết diện thanh dàn.

3.2. Mô hình phân tích:

Để đưa ra được mô hình tính toán phù hợp với ứng xử thực tế của dàn, kết cấu dàn được thiết lập với 3 dạng sơ đồ tính, chúng là:

i) Sơ đồ đơn giản theo [3,5]:

Sơ đồ mô hình dàn cong không gian tựa lên 2 gối tựa là các đầu cột, 1 gối cố định và một gối di động (hình 4). Đây là sơ đồ tính thường được sử dụng trong các bài toán cơ học kết cấu áp dụng cho các dạng dàn hình thang và hình tam giác trong kết cấu mái nhà công nghiệp.

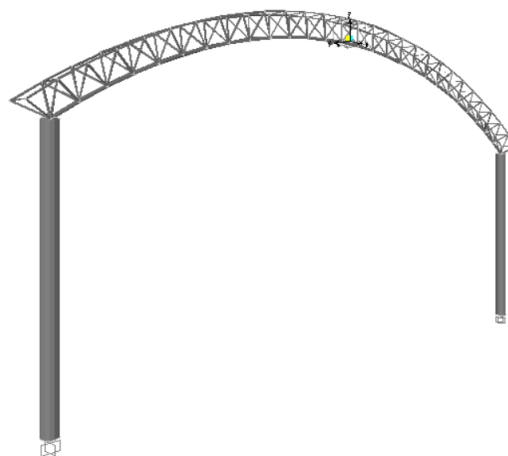


Hình 4. Sơ đồ đơn giản

ii) Sơ đồ tổ hợp dàn-cột

Dàn được mô hình tương tự như sơ đồ đơn giản, nhưng đưa thêm cột vào mô hình tính, liên kết giữa dàn và cột là

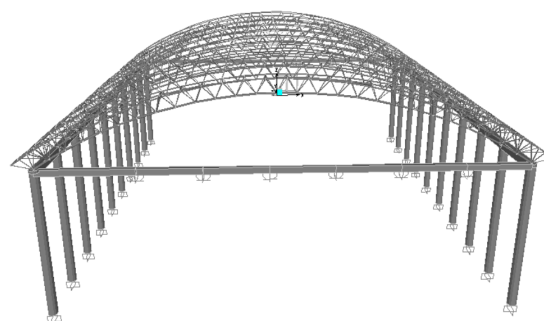
liên kết khớp, cột được ngàm vào móng. Sơ đồ tính này được xây dựng dựa trên quan điểm rằng cột có độ cứng nhất định. Khi dàn chịu tải trọng tác dụng và bị biến dạng, chân dàn sẽ có chuyển vị ngang nhưng hạn chế do độ cứng của cột.



Hình 5. Sơ đồ tổ hợp dàn-cột.

iii) Sơ đồ tổ hợp không gian

Dàn được mô hình không gian với toàn bộ hệ các dàn và kết cấu đỡ dàn, sơ đồ tổ hợp không gian này tổ hợp từ 10 sơ đồ tổ hợp dàn cột bao gồm cả hệ giằng đầu cột.



Hình 6. Sơ đồ tổ hợp không gian

4. Kết quả và thảo luận

Sau khi phân tích bằng phần mềm SAP2000, nhiều kết quả có thể thu được từ phần mềm như mô men, lực cắt, chuyển vị, ứng suất,... Ở đây kết quả lực

đọc trong các thanh dàn tương ứng với 3 mô hình được lấy và so sánh với nhau. Riêng sơ đồ tổ hợp không gian thì lực đọc sẽ thay đổi phụ thuộc vào vị trí của dàn, dàn tại vị trí giữa công trình (dàn thứ 6) có lực đọc lớn nhất sẽ được đưa vào so sánh.

Lực đọc trong thanh biến đổi gần như

tuyến tính nên ở đây tác giả chỉ trình bày và so sánh nội lực ở các thanh đặc biệt như: Đầu dàn, 1/4 nhịp dàn, giữa dàn, 3/4 nhịp dàn và cuối dàn.

Lực đọc trong các phần tử thanh dàn điển hình thu được từ 3 sơ đồ tính được trình bày trong các bảng 1, bảng 2 và bảng 3.

Bảng 1. Lực đọc trong thanh cánh trên (đơn vị: kN)

STT	Vị trí thanh dàn	Sơ đồ đơn giản	Sơ đồ tổ hợp dàn-cột	Sơ đồ tổ hợp không gian
1	Đầu dàn	2,903	2,869	3,189
2	1/4 nhịp dàn	-204,896	-136,164	-139,265
3	Giữa dàn	-279,132	-184,648	-189,873
4	3/4 nhịp dàn	-210,834	-139,823	-141,099
5	Cuối dàn	2,924	2,844	4,034

Bảng 2. Lực đọc trong thanh cánh dưới (đơn vị: kN)

STT	Vị trí thanh dàn	Sơ đồ đơn giản	Sơ đồ tổ hợp dàn-cột	Sơ đồ tổ hợp không gian
1	Đầu dàn	-9,151	-56,970	-55,396
2	1/4 nhịp dàn	375,494	200,855	212,291
3	Giữa dàn	554,720	326,847	334,822
4	3/4 nhịp dàn	383,934	209,295	215,250
5	Cuối dàn	-9,060	-56,879	-55,320

Bảng 3. Lực đọc trong thanh bụng (đơn vị: kN)

STT	Vị trí thanh dàn	Sơ đồ đơn giản	Sơ đồ tổ hợp dàn-cột	Sơ đồ tổ hợp không gian
1	Đầu dàn	-40,402	-26,393	-31,207
2	1/4 nhịp dàn	27,807	18,011	19,724
3	Giữa dàn	10,245	6,500	6,265
4	3/4 nhịp dàn	29,166	19,294	19,725
5	Cuối dàn	-42,717	-28,794	-31,266

Các bảng trên thể hiện giá trị lực dọc trong một số thanh tại vị trí đặc biệt tương ứng với 3 sơ đồ tính khác nhau của dàn, các thanh dàn tại những vị trí khác cũng cho kết quả phụ thuộc vào sơ đồ tính tương tự.

Dựa vào kết quả thu được sau khi phân tích từ 3 bảng trên, chúng ta nhận thấy như sau:

- Lực dọc trong các thanh (cánh trên, cánh dưới và thanh bụng) giữa sơ đồ tổ hợp dàn-cột và sơ đồ tổ hợp không gian là tương đối gần nhau. Riêng sơ đồ tính đơn giản cho kết quả chênh lệch rất lớn so với 2 sơ đồ trên.

- Sự chênh lệch lớn này do sơ đồ tính đơn giản lấy gối tựa là 1 gối cố định và một gối di động, không khống chế chuyển vị ngang chân dàn do lực đập ngang H, tức là đầu cột ta coi như chuyển vị tự do theo vào chuyển vị chân dàn.

5. Kết luận và kiến nghị

Từ những kết quả và nhận xét đã trình bày ở trên, rút ra một số kết luận sau:

- Sơ đồ tổ hợp không gian phản ánh

gần đúng nhất về ứng xử của dàn trong thực tế, nên được sử dụng để tính toán dàn. Tuy nhiên trong thiết kế và tính toán, việc lập mô hình tính và xử lý kết quả tốn nhiều thời gian.

- Sơ đồ tổ hợp dàn-cột cho kết quả gần đúng so với sơ đồ tổ hợp không gian, có thể sử dụng sơ đồ này để thiết kế kết cấu dàn.

- Sơ đồ đơn giản với 2 gối tựa không phù hợp để tính toán và thiết kế giàn công không gian, nếu sử dụng sơ đồ này thiết kế sẽ gây lãng phí vật liệu.

- Đối với sơ đồ tổ hợp không gian, khi so sánh với các dàn ở vị trí khác, tại dàn thứ 6 thanh cánh trên và thanh cánh dưới có nội lực lớn nhất tại giữa nhịp dàn. Tuy nhiên các dàn càng gần ngoài biên (đầu hồi) thì nội lực lại thay đổi về gần giống như sơ đồ tính đơn giản với 2 gối tựa cố định, kết quả lực dọc trong thanh phụ thuộc số lượng dàn trên mặt bằng công trình và hệ giằng đầu cột, vấn đề này sẽ được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

[1]. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư và Lưu Văn Tường, *Kết cấu thép: Cấu kiện cơ bản*, Nơi xuất bản: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2013.

[2]. *Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế*, TCVN 5575, 2012.

[3]. Đoàn Định Kiến, Phạm Văn Tư và Nguyễn Quang Viên, *Thiết kế Kết cấu thép nhà công nghiệp*, Nơi xuất bản: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2005.

[4]. G.Saber, N. Taysi and G. Hussein, "Analysis and Optimum Design of Curved Roof Structures", *2nd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, BCCCE*, Place of Publication: Epoka University, Tirana, Albania, 2013.

[5]. P.M. Sudeep and K.M. Sankaranarayanan, "Study on Stress Relationships Of Curved Space Truss", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 7, Issue 10, pp.219-224, 2016.

[6]. *Tải trọng và tác dụng - Tiêu chuẩn thiết kế*, TCVN 2737, 1995.