

KHẢO SÁT SỰ LÀM VIỆC CỦA MÁI LƯỚI HỆ THANH KHÔNG GIAN BẰNG THÉP CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG NGANG

ThS. Trần Mạnh Dũng¹

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả khảo sát sự làm việc của kết cấu mái lưới hệ thanh không gian bằng thép chịu các tác động tải trọng, đặc biệt là tác động theo phương ngang. Hệ kết cấu khảo sát gồm 2 dạng mái lưới hệ thanh không gian (dạng hai mái dốc và dạng vòm trụ) có 3 lớp. Ở mỗi dạng mái lưới, tác giả đã tiến hành tính toán cho 4 sơ đồ có nhịp 30 m; chiều dài nhà là 12 m, 24 m, 36 m và 48 m; và mỗi sơ đồ có từ 4 đến 7 loại tiết diện; như vậy mỗi sơ đồ gồm 22 bài toán phân tích và mỗi bài toán có từ 1004 đến 3800 phần tử. Bằng cách sử dụng phần mềm chuyên dụng SAP2000v.10.0.1 và lập phần mềm xử lý số liệu trong môi trường Excel, kết quả tính toán đã chỉ ra rằng: (1) Ảnh hưởng của tải trọng gió theo phương dọc nhà là rất đáng kể đối với các công trình mái lưới hệ thanh không gian đặc biệt là dạng hai mái dốc có nhịp tương đối lớn (từ $L = 30$ m trở lên), đồng thời khi chiều dài nhà càng lớn ($\geq 1,5 L$) thì ảnh hưởng của tải trọng gió dọc càng lớn; và (2) Ở các vùng có tải trọng gió lớn và tỷ lệ giữa tải trọng gió trên tải trọng tĩnh lớn (mái nhẹ), nên sử dụng mái phẳng dạng hai mái dốc sẽ an toàn và tiết kiệm hơn.

Summary: The paper presents the investigation results of behaviours of space grid roof steel structures subject to loads, especially lateral loading. The investigation structures included two types of space grid roof steel structures (dual pitch and barrel vault space grid roofs) with three layers. For each structure type, the author conducted analyses of 4 models with the spans of 30 m; the structure lengths of 12 m, 24 m, 36 m and 48 m; and each model has from 4 to 7 section types; thus each structure type has 22 analyses and each analysis has from 1004 to 3800 elements. By using the professional software SAP2000v.10.0.1 and solving analytical data in the Excel environment, the following main results were obtained: (1) The effects of wind loads impacted in the longitudinal directions of the structures were considerable for space grid roof steel structures, especially, for those with dual-pitch roofs with rather large spans (over $L = 30$ m), and also when the structure length is much larger ($\geq 1,5 L$); and (2) In areas of strong wind loads and high ratios of wind loads to dead loads (ligh steel roofs), it is recommended to use the type of dual-pitch roofs in order to ensure safety and economical efficiency of construction of space grid steel structures.

Nhận ngày 23/9/2011, chỉnh sửa ngày 26/9/2011; chấp nhận đăng 30/9/2011

1. Giới thiệu

Đối với kết cấu mái các công trình nhịp lớn bằng thép, ngoài các tác động thông thường như tĩnh tải mái và hoạt tải mái, kết cấu này còn chịu các tác động cục bộ theo phương ngang bởi các nguyên nhân như: lực tập trung cục bộ do cột sườn tường dọc nhà hoặc cột sườn

¹ Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng.
E-mail: dungthep@yahoo.com

tường đầu hồi truyền vào nút giằng; lực tập trung cục bộ do lực hãm ngang của cầu trục từ kết cấu hãm truyền lên mái thông qua cơ cấu hãm; lực tập trung cục bộ do sai số chế tạo các thanh của hệ kết cấu mái... [1-4]. Do vậy, thông qua tính toán các sơ đồ hệ kết cấu mái khác nhau để tìm hiểu các trạng thái nội lực trong các phần tử của hệ và khảo sát độ nhạy của các thông số về sơ đồ kết cấu và tải trọng tác động trong sự làm việc tổng thể của hệ kết cấu là cần thiết.

Bài báo này nhằm khảo sát sự làm việc của kết cấu mái lưới hệ thanh không gian bằng thép chịu các tác động tải trọng nêu trên, đặc biệt là tác động theo phương ngang. Trình tự tính toán khảo sát mái lưới hệ thanh không gian bằng thép gồm các bước chính sau:

- Thông qua các dạng mô hình mái lưới hệ thanh không gian thường được sử dụng trong thực tế, tiến hành phân tích và chọn ra một số sơ đồ kết cấu mái điển hình với các thông số về dạng mái, khoảng nút, sơ đồ hệ thanh và kiểu tiết diện thanh.

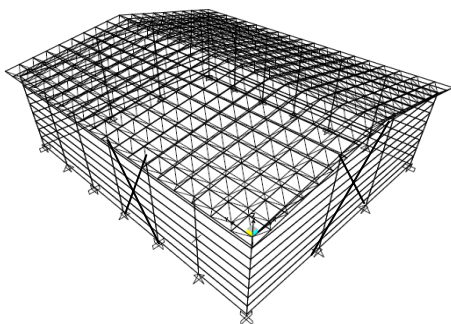
- Tiến hành khảo sát các sơ đồ kết cấu mái bằng phương pháp phần tử hữu hạn để đánh giá ảnh hưởng của các thông số như hình dạng mái, khoảng cách nút, chiều cao lớp mái, số lượng nhịp, số lượng bước, các loại tải trọng... đến nội lực trong các thanh của hệ mái lưới; từ đó đánh giá độ nhạy của các thông số đến sự phân bố nội lực và ổn định chung của toàn hệ kết cấu mái.

2. Sơ đồ kết cấu, tải trọng tác dụng và phương pháp khảo sát

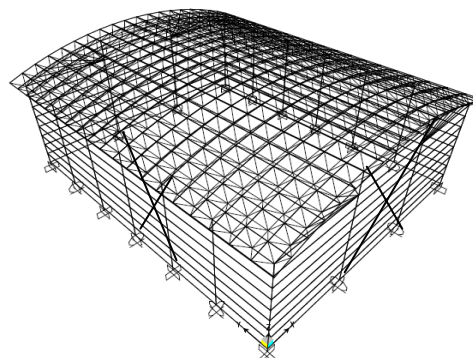
2.1 Sơ đồ kết cấu khảo sát

a. Lựa chọn các sơ đồ tính toán:

Thực tế đối với các công trình công nghiệp trên thế giới và ở nước ta, số lượng dạng sơ đồ mái lưới hệ thanh không gian bằng thép là khá phong phú và đa dạng. Trong phạm vi bài báo này, tác giả chọn 2 dạng sơ đồ mái lưới hệ thanh không gian dùng phổ biến cho nhà công nghiệp để tính toán, khảo sát (Hình 1, 2).



Hình 1. Dạng kết cấu hai mái dốc



Hình 2. Dạng kết cấu mái vòm trụ

Sơ đồ dạng hai mái dốc tạo thành từ hệ lưới thanh 3 lớp (Hình 1) có đặc điểm và kích thước như sau:

- Nhà công nghiệp có cầu trục; nhịp $L = 30$ m; bước cột $B = 12$ m; chiều dài nhà $\sum B = 1B = 12$ m, $\sum B = 2B = 24$ m, $\sum B = 3B = 36$ m và $\sum B = 4B = 48$ m; chiều cao mái $h \approx 1/30 L = 1,0$ m; cột thép tổ hợp tiết diện chữ I có $h = 300$ mm, $b_f = 200$ mm, $t_w = 10$ mm và $t_f = 16$ mm;

- Cao độ đỉnh cột $+12$ m; độ dốc mái $i = 0,2$; xà gồ [20 (200x65x20x2) có kê đến trong sơ đồ tính; cột sườn tường dọc nhà bước 6 m và đầu hồi bước 10 m; hệ thống dầm sườn tường; bố trí thanh chống dọc tại các đỉnh cột theo phương dọc nhà; bố trí hệ giằng chéo ở 1 bước cột theo cả hai phương.

Sơ đồ dạng kết cấu mái vỏ trụ tạo thành từ hệ lưới thanh 3 lớp (Hình 2) có đặc điểm và kích thước như sau:

- Nhà công nghiệp có cầu trục; nhịp $L = 30\text{m}$; bước cột $B = 12\text{m}$; chiều dài nhà $2B = 24\text{m}$; $3B = 36\text{m}$ và $4B = 48\text{m}$; chiều cao mái $h = 1/30L = 1,0\text{m}$; cột thép tổ hợp tiết diện chữ I có $h = 300\text{mm}$, $b_f = 200\text{mm}$, $t_w = 10\text{mm}$ và $t_f = 16\text{mm}$.

- Cao độ đỉnh cột $+12\text{m}$; mũi tên vồng $f = (1/6)L = 5,0\text{m}$; xà gồ [20 (200x65x20x 2) có kê đến trong sơ đồ tính; cột sườn tường dọc nhà bước 6 m và đầu hồi bước 10 m; bố trí hệ giằng chéo ở 1 bước cột theo cả hai phương; hệ thống dầm sườn tường; bố trí thanh chống dọc tại các đỉnh cột theo phương dọc nhà.

b. Lựa chọn sơ đồ hệ lưới thanh và tiết diện thanh giàn:

- Dựa vào các tiêu chí về sự phù hợp kiến trúc, thỏa mãn yêu cầu độ cứng, dễ chế tạo và thi công lắp đặt, tiến hành lựa chọn sơ đồ hệ thanh là các đơn nguyên hình tháp 4 mặt và đáy hình chữ nhật. Đây là sơ đồ thường được dùng trên thế giới và ở Việt Nam.

- Để thuận lợi cho khảo sát và so sánh, ban đầu tất cả các loại thanh giàn được chọn thống nhất có tiết diện như nhau và theo các bước sau:

Bước 1: Tiết diện thanh giàn được chọn dựa vào độ mảnh giới hạn $[\lambda] \leq 120$, thông qua các đặc trưng hình học $i \geq i^{v/c}$ với $i^{v/c} = l_0/[\lambda]$.

Bước 2: Tính toán kiểm tra và xác định lại độ mảnh giới hạn theo công thức $[\lambda] = 180 - 60.\alpha$ với $\alpha = N/(\varphi Af_c)$ và kiểm tra lại độ mảnh của thanh khi có sự tham gia của lực dọc N .

c. Lựa chọn, bố trí gối đỡ:

Gối đỡ được bố trí ở các vị trí đỉnh cột khung với bước cột 12m. Tại cao độ đỉnh cột chỉ có thanh chống dọc, giằng dọc. Hệ cột và dầm sườn tường đầu hồi tạo thành vách cứng cho công trình. Tại các đầu cột sườn tường, bố trí gối dạng gối bản, chỉ nhận và truyền tải trọng ngang mà không truyền tải trọng đứng.

d. Chọn sơ đồ tính:

- Sơ đồ tính là khung không gian 1 nhịp lấy theo trục các cấu kiện với cột tiết diện không thay đổi; mái là hệ lưới thanh không gian 3 lớp; tiết diện các thanh giàn chọn sơ bộ theo độ mảnh giới hạn và tính lặp; chiều cao mái lấy bằng $(1/30)L$; khoảng nút chọn trong khoảng từ 1,6m đến 2 m.

- Chân cột liên kết ngàm với móng, đỉnh cột liên kết khớp với nút cánh dưới của hệ giàn mái; cột sườn tường liên kết khớp cố định với móng và liên kết khớp ngang (khớp bản) với hệ giàn tại nút cánh dưới của giàn mái; các thanh của giàn mái liên kết khớp với nhau tại nút.

2.2 Tải trọng tác dụng

- Tải trọng thường xuyên: Gồm trọng lượng của tất cả các bộ phận của nhà, tải trọng bản thân kết cấu được chương trình tự tính, tải trọng các bộ phận còn lại được tính toán theo tải trọng trên diện tích theo các tấm mái tương đương.

- Tải trọng tạm thời trên mái: Là tải trọng người, vật liệu và thiết bị sửa chữa mái, lấy theo TCVN 2737:1995 [5] là 30 daN/m^2 .

- Hoạt tải gió: Là tải trọng do gió tác dụng lên công trình xác định tiêu chuẩn TCVN 2737:1995. Trong các bài toán khảo sát, so sánh, chọn thống nhất cho vùng gió IVB có $W_0 = 155\text{ daN/m}^2$.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

- Hoạt tải cầu trục: Lấy như nhau cho mọi bài toán khảo sát, với một cầu trục 30 tấn; xác định được áp lực đứng $D_{\max}$, $D_{\min}$ và lực hãm ngang T.

2.3 Phương pháp khảo sát

- Đây là hệ thanh không gian có số lượng phần tử rất lớn nên tác giả đã sử dụng phần mềm chuyên dụng SAP2000 v.10.0.1 được xây dựng theo phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích nội lực và biến dạng của hệ kết cấu.

- Các kết quả phân tích được xuất ra dưới dạng bảng và tác giả đã lập phần mềm xử lý trong môi trường Excel. Bảng dữ liệu bao gồm:

+ Số hiệu phần tử, ký hiệu dạng tiết diện, kích thước tiết diện.

+ Giá trị nội lực do mỗi trường hợp tải trọng gây ra cho các thanh giàn: Lần lượt là tĩnh tải, hoạt tải mái, hoạt tải do hãm ngang của cầu trục, hoạt tải gió theo phương ngang nhà (X), theo phương dọc nhà (Y).

- Tổ hợp nội lực cho hai trường hợp: Tổ hợp cơ bản I (do tĩnh tải và 1 hoạt tải gây ra nội lực cùng dấu lớn nhất cho thanh giàn) với hệ số tổ hợp bằng 1; tổ hợp cơ bản II (do tĩnh tải và từ 2 hoạt tải trở lên gây ra nội lực cùng dấu lớn nhất cho thanh giàn), với hệ số tổ hợp cho tĩnh tải là 1,0 và cho các hoạt tải là 0,9.

- Lựa chọn các nội lực nguy hiểm nhất để kiểm tra bền, ổn định các thanh giàn.

- Xác định các thông số hình học và đặc trưng hình học của các thanh giàn bao gồm, diện tích tiết diện A; mô men quán tính I; bán kính quán tính i; chiều dài hình học l; chiều dài tính toán l_0 ; độ mảnh $\lambda = l_0/i$ và độ mảnh giới hạn $[\lambda] = 180 - 60.\alpha$ với $\alpha = N / (\varphi A f_c)$ trong đó φ là hệ số uốn dọc của thanh chịu nén đúng tâm được tra bằng lập sẵn hoặc tính theo công thức phân nhánh của TCXDVN 338:2005 [6].

- Xác định các chênh lệch và so sánh kết quả tính toán.

- Đánh giá về bền ổn định của thanh giàn, phân tích các kết quả mất ổn định của thanh do các nguyên nhân (là các Tổ hợp tải trọng khác nhau), theo quy định như sau: False: Không đủ khả năng chịu lực; False 1: Không đủ khả năng chịu lực do tổ hợp Tĩnh tải + Gió trái (X) hoặc gió phải (X); False 2: Không đủ khả năng chịu lực do tổ hợp Tĩnh tải + Gió dọc; False 3: Không đủ khả năng chịu lực do tổ hợp Tĩnh tải+(Gió trái (X), hoặc gió phải (X))+T trái, hoặc T phải) x 0,9; False 4: Không đủ khả năng chịu lực do tổ hợp Tĩnh tải+(Gió dọc+T trái hoặc T phải) x 0,9.

3. Kết quả phân tích khảo sát

3.1 Sơ đồ hệ mái lưới hệ thanh không gian hai mái dốc

Bảng 1 chỉ ra kết quả số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực của sơ đồ hai mái dốc với số bước cột khác nhau. Hình 3 chỉ ra kết quả quan hệ giữa tỷ lệ và số lượng thanh không đạt so với tổng số thanh theo chiều dài nhà, với số bước cột tương ứng.

Từ các kết quả khảo sát trên có thể rút ra một số nhận xét đối với sơ đồ hai mái dốc như sau:

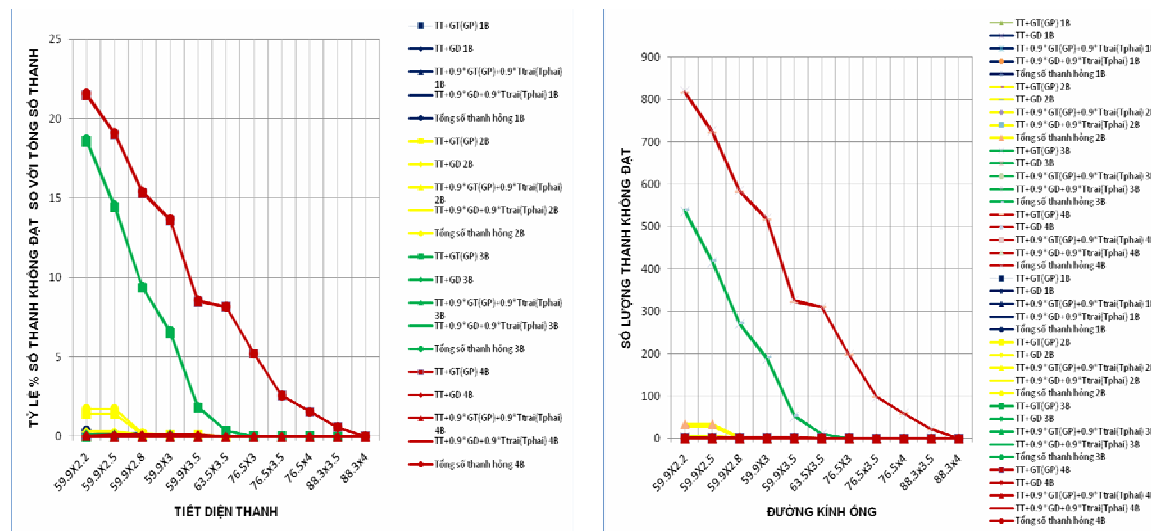
- Với cùng các điều kiện về thông số hình học, tiết diện thanh, với trường hợp tải trọng tính toán thì nội lực của các thanh giàn lớn nhất là do tổ hợp tải trọng do Tĩnh tải+Gió dọc gây ra.

- Với các điều kiện về sơ đồ hình học, tiết diện và tải trọng như nhau, khi tăng số bước cột (tăng chiều dài nhà) thì số lượng và tỷ lệ thanh không đủ khả năng chịu lực tăng khá nhanh. Ví dụ, khi tiết diện thanh 59,9x2,2 thì các thanh giàn không đủ khả năng chịu lực của sơ đồ 1B

là 4; sơ đồ 2B là 6; sơ đồ 3B là 58 và sơ đồ 4B là 165... Nói một cách khác là ứng suất của các thanh giảm tăng khi số bước cột của nhà tăng (khi nhà dài hơn).

Bảng 1. Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực của sơ đồ hai mái dốc với số bước cột khác nhau

STT	Tiết diện thanh	Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực, tương ứng với chiều dài nhà								
		$\sum B= 1B$			$\sum B= 2B$		$\sum B= 3B$		$\sum B= 4B$	
		Fasle2	Fasle 3	Tổng	Fasle2	Tổng	Fasle 2	Tổng	Fasle2	Tổng
1	59.9X2.2	4	1	5	6	6	58	58	165	165
2	59.9X2.5	2	0	2	4	4	16	16	155	155
3	59.9X2.8	2	0	2	2	2	6	6	122	122
4	59.9X3	0	0	0	0	0	4	4	112	112
5	59.9X3.5	0	0	0	0	0	2	2	64	64
6	63.5X3.5	0	0	0	0	0	0	0	20	20
7	76.5X3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	76.5x3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	76.5x4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	88.3x3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Tổng SL	1004			1872		2376		3600	



Hình 3. Quan hệ tỷ lệ và số lượng thanh không đạt với tổng số thanh sơ đồ hai mái dốc

- Ở các trường hợp khảo sát, chủ yếu các thanh bị mất ổn định là các thanh cánh và các thanh bụng vùng gối.

- Chiều dài nhà càng tăng thì chuyển vị của các nút gối và của đỉnh giàn theo các phương U1 (X), U2 (Y), U3 (Z) thay đổi theo quy luật sau:

+ Khi chịu tải trọng gió ngang, chuyển vị gối theo phương X (phương nhịp) là lớn nhất. Khi số bước cột tăng dần, với chiều dài nhà lớn hơn 3 đến 4 lần thì chuyển vị theo phương dọc nhà tăng từ 5 ÷ 9 lần.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

+ Khi chịu tải trọng gió dọc, chuyển vị gối theo phương Y (phương dọc nhà) là lớn nhất. Khi số bước cột tăng dần với chiều dài nhà lớn hơn từ 3 đến 4 lần thì chuyển vị theo phương dọc nhà giảm dần từ $0,6 \div 0,5$ lần. Nghĩa là chuyển vị dọc giảm dần khi chiều dài nhà tăng.

+ Chuyển vị nút đỉnh mái theo phương Z (phương đứng) là lớn nhất khi chịu tải trọng gió dọc. Khi số bước cột tăng dần với chiều dài nhà lớn hơn từ 3 đến 4 lần thì chuyển vị theo phương đứng nhà tăng dần từ $2,5 \div 3,5$ lần.

- Khi chịu gió ngang và lực hãm ngang T của cầu trục, chuyển vị theo các phương thay đổi không đáng kể. Nội lực trong các thanh cánh dưới dọc gối (CDDG), thanh cánh dưới ngang gối (CDNG), thanh bụng gối (BG) lớn hơn các thanh cùng loại ở lân cận gối và trong tổ hợp chịu gió dọc nội lực trong thanh (CDDG) lớn hơn các thanh cùng loại ở khoảng giữa khoảng $5 \div 6$ lần.

3.2 Sơ đồ hệ mái lưới hệ thanh dạng vỏ trụ

Bảng 2 chỉ ra kết quả số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực của sơ đồ mái vỏ trụ (vòm) với số bước cột khác nhau. Hình 4 chỉ ra kết quả quan hệ giữa tỷ lệ và số lượng thanh không đạt so với tổng số thanh theo chiều dài nhà, với số bước cột tương ứng.

Bảng 2. Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực của sơ đồ mái vỏ trụ (vòm) với số bước cột khác nhau

STT	Tiết diện	Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực, tương ứng với chiều dài nhà											
		$\sum B = 1B$		$\sum B = 2B$			$\sum B = 3B$			$\sum B = 4B$			
		Fasle 2	Tổng	Fasle 1	Fasle 2	Tổng	Fasle 1	Fasle 2	Tổng	Fasle 1	Fasle 2	Fasle 3	Tổng
1	59.9X2.2	4	4	28	6	34	536	4	540	816	2	2	820
2	59.9X2.5	2	2	28	6	34	416	4	420	722	4	0	726
3	59.9X2.8	2	2	2	2	4	270	2	272	582	4	0	586
4	59.9X3	0	0	2	0	2	188	4	192	516	4	0	520
5	59.9X3.5	0	0	2	0	2	52	2	54	322	4	0	326
6	63.5X3.5	0	0	0	0	0	10	0	10	310	0	0	310
7	76.5X3	0	0	0	0	0	0	0	0	198	0	0	198
8	76.5x3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	98	0	0	98
9	76.5x4	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	59
10	88.3x3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	22
11	88.3x4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Tổng SL	1008		1976			2888			3800			

Từ các kết quả khảo sát trên có thể rút ra một số nhận xét đối với sơ đồ mái vỏ trụ như sau:

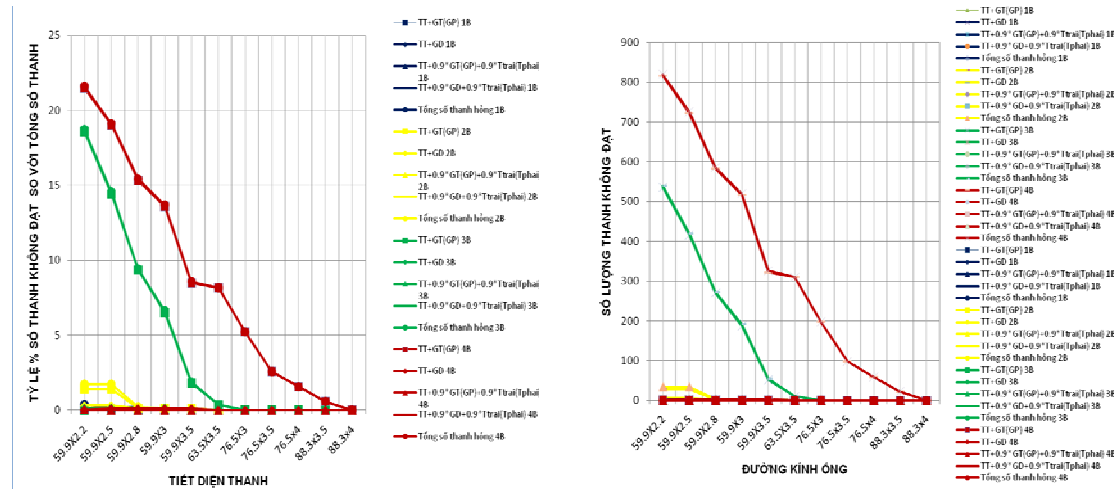
- Với cùng cùng sơ đồ hình học, tiết diện tính toán, cùng các trường hợp tải trọng tính toán và bước cột không thay đổi thì nội lực của các thanh giàn lớn nhất do hai tổ hợp tải trọng (Tĩnh tải+Gió ngang X) và (Tĩnh tải+Gió dọc Y) gây ra. Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực do tổ hợp (Tĩnh tải+Gió ngang X, (Y)) chiếm đa số.

- Với các điều kiện về sơ đồ hình học, tiết diện thanh và tải trọng như nhau, nếu tăng số bước cột (tăng chiều dài nhà) thì số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực tăng nhanh. Nói cách khác là ứng suất của các thanh giàn tăng nhanh khi số bước tăng và tăng nhanh hơn, từ 5 đến 10 lần so với sơ đồ hai mái dốc.

- Ở các trường hợp khảo sát, với tổ hợp tải trọng có sự tham gia của gió dọc, các thanh bị mất ổn định chủ yếu là các thanh cánh liên kết trực tiếp với gối và các thanh bụng vùng gối.

Với tổ hợp tải trọng có sự tham gia của gió ngang, các thanh bị mất ổn định chủ yếu là các thanh cánh và các thanh bụng ở khoảng giữa nhịp giàn.

- Các tổ hợp tải trọng nguy hiểm đều có sự tham gia của tải trọng gió theo phương ngang và theo phương dọc.



Hình 4. Quan hệ tỷ lệ và số lượng thanh không đạt so với tổng số thanh sơ đồ mái vòm trụ

- Chiều dài nhà càng tăng thì chuyển vị của các nút gối và của đỉnh giàn theo các phương U1 (X), U2 (Y), U3 (Z) thay đổi theo quy luật sau:

+ Trường hợp nhà chịu tải trọng gió ngang, chuyển vị theo phương X (phương nhịp) là lớn nhất. Khi số bước tăng dần, với chiều dài nhà lớn hơn 3 đến 4 lần thì chuyển vị theo phương ngang nhà tăng từ 11 ÷ 19 lần.

+ Trường hợp nhà chịu tải trọng gió dọc, chuyển vị theo phương Y (phương dọc nhà) là lớn nhất. Khi số bước tăng dần với chiều dài nhà lớn hơn từ 3 đến 4 lần thì chuyển vị theo phương dọc nhà tăng giảm dần từ 0,75 ÷ 0,6 lần.

+ Trường hợp nhà chịu tải trọng gió dọc, chuyển vị nút đỉnh giàn theo phương Z (phương đứng) là lớn nhất. Khi số bước tăng dần với chiều dài nhà lớn hơn từ 3 đến 4 lần thì chuyển vị theo phương đứng nhà giảm dần từ 0,25 ÷ 0,2 lần.

- Nội lực trong các thanh cánh dưới dầm gối theo phương dọc nhà (CDDG), thanh cánh dưới ngang gối (CDNG), thanh bụng gối (BG) lớn hơn các thanh cùng loại ở lân cận gối và trong tổ hợp chịu gió dọc (CDDG) lớn hơn các thanh cùng loại ở khoảng giữa khoảng 5 ÷ 6 lần.

- Nội lực trong các thanh gối (CDDG, CDNG, BG) lớn hơn các thanh cùng loại ở lân cận gối và trong tổ hợp chịu gió ngang (CDDG) nhỏ hơn các thanh cùng loại ở khoảng giữa khoảng 3 ÷ 4 lần do hiệu ứng gió bấc.

3.3 So sánh giữa 2 dạng sơ đồ hai mái dốc và vòm mái

- Với sơ đồ hệ mái lưới hệ thanh không gian dạng phẳng hai mái dốc, tổ hợp tải trọng có gió dọc tham gia là nguy hiểm nhất; khi số bước cột tăng (chiều dài nhà tăng) thì mức độ nguy hiểm của tổ hợp tải trọng có gió dọc tham gia càng tăng.

- Ngược với sơ đồ hai mái dốc, ở hệ mái lưới dạng vòm trụ (dạng vòm) tổ hợp tải trọng có gió dọc tham gia chỉ nguy hiểm khi chiều dài nhà nhỏ (1B); khi chiều dài nhà tăng lên (số bước tăng) thì ảnh hưởng của tổ hợp tải trọng có gió dọc tham gia giảm dần, ảnh hưởng không đáng

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

kể khi số bước tăng lên 3 lần (3B); Tuy nhiên, ở sơ đồ dạng vòm ảnh hưởng của Tổ hợp tải trọng có gió ngang (theo phương X) tham gia thì số lượng thanh không đạt yêu cầu là rất lớn; khi số lượng bước cột tăng, với mỗi loại tiết diện, số lượng thanh không đạt yêu cầu do tổ hợp tải trọng (TT+GT(GP)) tăng nhanh từ 5 - 19 lần; số bước càng tăng thì tỷ lệ số lượng thanh không đạt yêu cầu tăng dần.

- Cả 2 sơ đồ đều cho kết quả sau:

+ Nội lực các thanh giàn có xu hướng tăng theo số lượng bước cột, đặc biệt là với tổ hợp có tải trọng gió dọc tham gia.

+ Về chuyển vị, khi chiều dài nhà tăng từ 3 đến 4 lần, chuyển vị theo phương X của mái dạng vòm trụ lớn hơn của mái dạng hai mái dốc từ $2 \div 4$ lần; chuyển vị theo phương Y của mái dạng vòm trụ nhỏ hơn của mái dạng hai mái dốc 0,8 lần; chuyển vị theo phương Z của mái dạng vòm trụ ngược chiều so với chuyển vị theo phương Z của mái dạng hai mái dốc.

+ Khi chịu gió ngang và lực hãm ngang T của cầu trục, chuyển vị theo các phương thay đổi không đáng kể đối với sơ đồ phẳng hai mái dốc; ngược lại thay đổi rất đáng kể đối với hệ có sơ đồ dạng vòm.

+ Nội lực các thanh trong giàn thay đổi không đáng kể khi tăng dần các cấp tiết diện thanh theo quy cách thép ống. Nội lực trong các thanh cánh dọc gối (CDDG), thanh cánh ngang gối (CDNG), thanh bụng gối (BG) lớn hơn các thanh cùng loại ở lân cận gối và trong tổ hợp chịu gió dọc (CDDG) lớn hơn các thanh cùng loại ở khoảng giữa khoảng 5 - 6 lần.

+ Ở các trường hợp khảo sát, các thanh bị mất ổn định chủ yếu là các thanh cánh và các thanh bụng vùng lân cận gối.

+ Các tổ hợp tải trọng nguy hiểm cho sơ đồ hai mái dốc đều có sự tham gia của tải trọng gió theo phương dọc.

+ Các tổ hợp tải trọng nguy hiểm cho sơ đồ mái vòm trụ (dạng vòm) đều có sự tham gia của tải trọng gió theo phương ngang.

- Khi có cùng các thông số về sơ đồ hình học (chỉ khác hình dạng) thì số lượng thanh sử dụng cho sơ đồ hai mái dốc ít hơn so với sơ đồ mái vòm trụ.

- Với cùng điều kiện chịu lực thì số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực do các tổ hợp tải trọng đối với các dạng mái được thống kê trong Bảng 3.

- Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực ở nhà có chiều dài 1 bước (1B) ở hai sơ đồ là xấp xỉ nhau. Tuy nhiên, khi số bước cột tăng thì số thanh không đủ khả năng chịu lực ở mái dạng vòm tăng nhanh hơn và khi chiều dài nhà càng lớn thì tăng càng nhanh.

- Ảnh hưởng của tải trọng gió theo phương ngang nhà phụ thuộc vào hình dạng của mái. Đối với sơ đồ hai mái dốc, tổ hợp có tải trọng gió ngang không nguy hiểm, trong khi số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực chủ yếu do tổ hợp có tải trọng có sự tham gia của gió dọc. Đối với sơ đồ dạng vòm, ảnh hưởng của tải trọng gió theo phương ngang là rất đáng kể (số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực chủ yếu do tổ hợp tải trọng có sự tham gia của gió ngang), ảnh hưởng của tải trọng gió theo phương dọc nhà hầu như không đáng kể.

- Tải trọng do lực hãm ngang của cầu trục, ảnh hưởng đến sự làm việc của kết cấu mái hệ thanh lưới không gian là không nhiều, chủ yếu là tác dụng bổ sung thêm cho ảnh hưởng của gió ngang; với tải trọng do lực hãm theo phương dọc nhà, hầu như không đáng kể đến hệ mái do độ cứng của hệ khung theo phương dọc nhà là lớn và lực hãm dọc cũng khá bé.

- Với cùng các điều kiện về hình học và tải trọng, thì mái có sơ đồ dạng vòm cần tiết diện lớn hơn. Ví dụ khi chiều dài nhà 48 m thì sơ đồ vòm cần tiết diện 88,3 x 4,0 trong khi đó sơ đồ phẳng hai mái dốc chỉ cần đến tiết diện 76,5 x 3,0.

Bảng 3. Số lượng thanh không đủ khả năng chịu lực của sơ đồ hai mái dốc và mái vòm trụ (vòm) với số bước cột khác nhau

STT	Tiết diện thanh	Số lượng thanh không đạt tương ứng với sơ đồ khảo sát							
		$\sum B = 1B$		$\sum B = 2B$		$\sum B = 3B$		$\sum B = 4B$	
		Hai mái dốc	Mái vòm	Hai mái dốc	Mái vòm	Hai mái dốc	Mái vòm	Hai mái dốc	Mái vòm
1	59.9X2.2	5	4	6	34	58	540	165	820
2	59.9X2.5	2	2	4	34	16	420	155	726
3	59.9X2.8	2	2	2	4	6	272	122	586
4	59.9X3	0	0	0	2	4	192	112	520
5	59.9X3.5	0	0	0	2	2	54	64	326
6	63.5X3.5	0	0	0	0	0	10	20	310
7	76.5X3	0	0	0	0	0	0	0	198
8	76.5x3.5	0	0	0	0	0	0	0	98
9	76.5x4	0	0	0	0	0	0	0	59
10	88.3x3.5	0	0	0	0	0	0	0	22
11	88.3x4.0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Tổng SL	1004/1008		1872/1976		2376/2888		3600/3800	

4. Kết luận và kiến nghị

- Các kết quả khảo sát tính toán bằng số về sự làm việc của các công trình có mái là hệ lưới thanh không gian với các sơ đồ hình dạng khác nhau (dạng phẳng hai mái dốc và dạng vòm), khi chịu các tác động ngang cục bộ cho thấy: Việc lựa chọn sơ đồ lưới thanh, sơ đồ bố trí gối đỡ, số lượng bước cột theo chiều dài nhà, có ảnh hưởng lớn đến sự phân bố nội lực và chuyển vị của hệ và cần được quan tâm ngay từ đầu.

- Ảnh hưởng của tải trọng gió theo phương dọc nhà là đáng kể đối với các công trình mái lưới hệ thanh không gian, đặc biệt là dạng hai mái dốc có nhịp tương đối lớn (từ L = 30m trở lên); khi chiều dài nhà càng lớn ($\geq 1,5L$) thì ảnh hưởng của tải trọng gió dọc càng đáng kể.

- Ở các vùng có tải trọng gió lớn và tỷ lệ giữa tải trọng gió trên tải trọng tĩnh lớn (mái nhẹ) thì nên sử dụng mái phẳng dạng hai mái dốc, sẽ an toàn và tiết kiệm hơn.

- Việc tìm ra các thông số chính ảnh hưởng đến ổn định và sự làm việc tổng thể của mái lưới hệ thanh không gian nhà công nghiệp là công việc phức tạp, các bài toán đã khảo sát ở trên chỉ mới tiến hành với hai sơ đồ vòm dạng vòm trụ và sơ đồ phẳng hai mái dốc, với các thông số hình học, mọi tiết diện thanh và tải trọng như nhau; khi kiểm tra có 1 thanh không đạt, thì tăng đồng loạt tiết diện, mà chưa đề cập đến: Vấn đề lựa chọn các tiết diện khác nhau cho các thanh theo loại thanh ở các lớp như thanh cánh, thanh bụng và thanh bụng vùng gối; Khi chỉ tăng cục bộ tiết diện cho các thanh không đạt và tiến hành khảo sát tiếp; Khi khảo sát với các tải trọng khác như chế tạo không chính xác, do biến đổi nhiệt độ hoặc do treo tải trọng cục bộ... Các vấn đề này đang được tiếp tục nghiên cứu, tính toán nhằm phản ánh đúng hơn sự làm việc thực tế của công trình và đưa ra những chỉ dẫn phù hợp cho các kỹ sư trong tính toán và thực hành thiết kế.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Đoàn Ngọc Tranh, Hoàng Văn Quang (2003), *Kết cấu thép công trình dân dụng và công nghiệp*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
2. Phạm Văn Hội, Trần Mạnh Dũng, Vũ Hoàng, Hàn Ngọc Đức (2006), *Nghiên cứu xây dựng quy trình về chế tạo, lắp dựng và nghiệm thu mái lợp không gian bằng thép khẩu độ lớn cho các công trình xây dựng trên địa bàn Hà Nội*, Đề tài Nghiên cứu khoa học thành phố Hà Nội.
3. Phạm Văn Hội, Trần Mạnh Dũng, Hàn Ngọc Đức, Nguyễn Phú Quảng, Trịnh Tiến Khương, *Báo cáo đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ năm 2003-2004- Tự động hóa thiết kế kết cấu thép (Phần kết cấu rỗng)*, Mã số: B2002-34-45.
4. GS.TS. Lều Thọ Trình, TS. Đỗ Văn Bình (2006), *Ổn định công trình*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
5. TCVN 2737:1995, *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*.
6. TCXDVN 338:2005, *Kết cấu thép Tiêu chuẩn thiết kế*.