

PHÂN TÍCH SƠ ĐỒ TÍNH TOÁN CẦU VÒM BÊ TÔNG CỐT THÉP ANALYZING OF THE CALCULATING MODEL OF THE CONCRETE ARCH BRIDGE

Phùng Mạnh Tiến và Vũ Trí Thắng

Phòng Cầu - Cảng, Phân Viện KHCN GTVT Phía Nam, Tp. Hồ Chí Minh, Việt nam

BẢN TÓM TẮT

Nhằm mục đích hiểu rõ hơn những ảnh hưởng của việc xác lập mô hình tính toán đến kết quả tính toán, nội dung bài báo tập trung giới thiệu một số vấn đề khi xây dựng mô hình kết cấu cầu vòm bê tông cốt thép nhờ phần mềm MIDAS thông qua việc phân tích và so sánh kết quả tính toán từ những mô hình khác nhau đối với cầu vòm bằng bê tông cốt thép.

ABSTRACT

In the present, many computer programs as RM2000, SAP2000, WINPRIMA, MIDAS... were developed to help engineers and designers in the design calculating and structure analyzing. But, the most important problem is the creation of the calculating model for the structure by using the computer software so that it represents more exactly as the real structure. Therefore, by analyze and comparison of the calculating results obtained from the various calculating model created by MIDAS for the concrete arch bridge, the effect of the calculating model creation to the calculating results is shown clearer. That is the aims of this article.

1. PHẦN MỞ ĐẦU

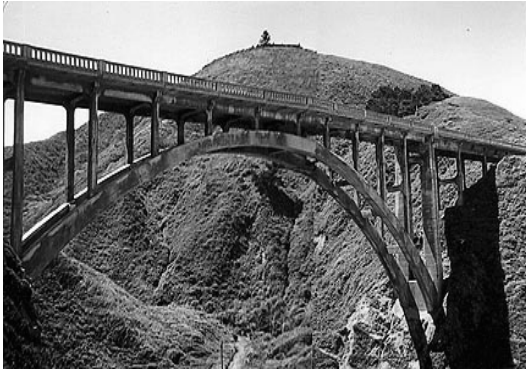
Với sự phát triển ngành tin học ứng dụng, nhiều chương trình phần mềm tính toán kết cấu như STAAD, RM2000, SAP2000, MIDAS, WinPRIMA ... đã xuất hiện và trợ giúp rất nhiều cho kỹ sư thiết kế. Tuy nhiên, việc xây dựng mô hình của kết cấu thông qua giao diện của các chương trình phần mềm là một trong những vấn đề đặc biệt quan trọng.

Nhằm mục đích hiểu rõ hơn ảnh hưởng của việc lập mô hình tính toán đến kết quả tính toán, nội dung bài báo giới thiệu một số vấn đề khi xây dựng mô hình kết cấu cầu vòm bê tông cốt thép nhờ phần mềm MIDAS thông qua việc phân tích và so sánh kết quả tính toán từ những mô hình khác nhau đối với cầu vòm bằng bê tông cốt thép.

2. GIỚI THIỆU KẾT CẤU CẦU VÒM BÊ TÔNG CỐT THÉP

Kết cấu cầu vòm bê tông cốt thép là một trong những kết cấu thuộc loại cổ điển trong công nghệ cầu. Kết cấu cầu dạng vòm không những thuộc loại kết cấu đạt yêu cầu kỹ thuật do tận dụng được hiệu ứng vòm mà còn trở thành một trong những kết cấu mang tính thẩm mỹ cao.

Kết cấu cầu vòm rất đa dạng trong thực tế. Căn cứ vào vị trí cao độ của mặt xe chạy so với cao độ đỉnh vòm có thể phân thành cầu vòm xe chạy trên (hình 1), xe chạy giữa (hình 2) và xe chạy dưới. Về mặt kết cấu, có dạng cầu vòm không chốt, vòm hai chốt hoặc vòm ba chốt ... Một số vòm thuộc dạng giản đơn, một số khác có dạng liên tục. Về vật liệu, có cầu vòm đá, cầu vòm thép (hình 2), cầu vòm bê tông cốt thép hoặc cầu vòm liên hợp thép – bê tông (ví dụ cầu vòm ống thép nhồi bê tông).



Hình 1

Nội dung bài báo đề cập đến công trình cầu Nguyễn Huệ thuộc thị xã Tân An tỉnh Long An (hình 3) [2]. Cầu dài 111,75m. Khổ cầu rộng 10,00m gồm 2 làn xe rộng 7,00m dành cho xe cơ giới và xe hai bánh, 2 lề bộ hành rộng 1,50m mỗi bên. Sơ đồ kết cấu gồm 3 nhịp 20m + 71,75 m + 20m. Trong đó nhịp chính dạng vòm bằng bê tông cốt thép với mặt cầu chạy giữa. Vòm cao 18m, mặt xe chạy cách đỉnh vòm 12,875m. Vòm bằng BTCT cấp Grade C5000 theo tiêu chuẩn ASTM, modul đàn hồi $E=2,8 \times 10^6$ T/m² cường độ chịu nén 35000kN/m². Vòm có tiết diện hình chữ nhật thay đổi, tại chân vòm chiều rộng $B = 1,35$ m và chiều cao $H=4,46$ m; tại đỉnh vòm $B \times H = 1,00 \times 1,00$ m.



Hình 2

Nhằm đảm bảo ổn định ngang, hai vòm được liên kết nhờ hệ giằng ngang gồm 9 giằng ngang giữa và 2 giằng ngang biên. Giằng ngang giữa bằng BTCT C5000, tiết diện hình chữ nhật $B \times H = 0,5 \times 0,8$ m; bố trí tại khu vực đỉnh vòm. Giằng ngang biên bằng BTCT C5000, $B \times H = 1,00 \times 1,50$ m được bố trí gần khu vực chân vòm tại vị trí bản mặt cầu.



Hình 3

Hai dầm dọc chính nằm trong mặt phẳng vòm tại vị trí mặt xe chạy, bằng BTCT C5000, tiết diện $1,00 \times 1,50$ m. Dầm dọc phụ bằng BTCT C5000 tiết diện chữ T cao 0,40m; cánh T rộng 1,00m dày 0,10m; thân dầm rộng 0,5m. Các dầm dọc được kê trên các dầm ngang. Hệ dầm ngang gồm 13 dầm bằng BTCT DUL C5000 tiết diện chữ nhật $B \times H = 1,00 \times 1,20$ m, được treo lên vòm nhờ hệ treo. Hệ treo gồm 26 dây treo. Mỗi dây treo cầu tạo từ 26 sợi cáp 15,2mm. Cầu được thiết kế cho tải trọng theo tiêu chuẩn TCN-272-01 [1].

3. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

Mô hình cầu vòm mô tả trong phần 2 lập trong giao diện chương trình MIDAS [3] thể hiện trên hình 4. Hoạt tải tác dụng trên mặt cầu được phân bố xuống dầm ngang thông qua hệ mặt cầu gồm dầm dọc và bản mặt cầu. Thông qua hệ dây treo, dầm ngang tiếp tục truyền tải trọng lên sườn vòm, từ đó dọc theo vòm truyền xuống kết cấu hạ tầng [4].

Với mục đích làm rõ ảnh hưởng của việc xây dựng mô hình tính toán đến sự phân bố nội lực giữa các phần tử trong kết cấu, kết cấu được mô hình và phân tích tính toán thông qua bốn mô hình dưới đây:

✓ *Mô hình 1 (MH 1) như sau:*

- **Vòm:** sử dụng phần tử thanh với tiết diện thay đổi, chân vòm mô hình với liên kết ngàm cứng.
- **Hệ giằng ngang:** liên kết hai vòm được mô hình dưới dạng phần tử thanh hai đầu ngàm tại vòm.
- **Hệ thanh treo:** bằng phần tử dây treo.
- **Hệ dầm ngang:** hai dầm biên được mô hình bằng phần tử thanh có hai đầu ngàm.



Hình 4 : Mô hình cầu vòm

Các dầm ngang giữa được mô hình bằng phần tử thanh treo bằng dây treo.

- **Hệ dầm dọc: hai dầm biên và các dầm dọc phụ** được mô hình bằng phần tử thanh như dầm liên tục ngàm hai đầu. Hệ dầm dọc và dầm ngang được liên kết ngàm với nhau.
- ✓ **Mô hình 2 (MH 2): Về cơ bản giống mô hình 1.** Điểm khác nhau chủ yếu giữa mô hình 1 và 2 được thể hiện thông qua việc mô hình các dầm dọc phụ của hệ dầm dọc. Trong mô hình này, các dầm dọc phụ được mô hình bằng phần tử thanh với hai đầu được giải phóng liên kết, chỉ cho phép truyền lực cắt. Nhờ giải phóng liên kết nên dầm dọc giữa làm việc giống dầm giản đơn được kê trên hai dầm ngang.
- ✓ **Mô hình 3 (MH 3): Về cơ bản giống mô hình 1.** Điểm khác nhau chủ yếu giữa hai mô hình được thể hiện thông qua việc mô hình các dầm dọc biên và dầm dọc giữa. Hai dầm biên và các dầm dọc phụ được mô hình bằng phần tử thanh như dầm liên tục ngàm hai đầu. Tuy nhiên, liên kết ngang giữa các dầm dọc giữa được mô tả nhờ phần tử liên kết Rigid link cho phép các dầm chuyển vị đồng thời theo phương đứng.
- ✓ **Mô hình 4 (MH 4): Về cơ bản giống mô hình 2.** Các dầm dọc phụ được mô hình bằng phần tử thanh với hai đầu được giải phóng liên kết, chỉ cho phép truyền lực cắt, thể hiện dầm dọc phụ làm việc giống dầm giản đơn được kê trên hai dầm ngang. Tuy nhiên, liên kết ngang giữa các dầm dọc giữa được mô hình bằng các phần tử liên kết Rigid link cho phép chuyển vị đồng thời theo phương thẳng đứng.

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Nội dung bài báo không đề cập đến việc phân tích động lực học công trình và ổn định tổng thể của kết cấu. Nội dung bài báo chỉ đề cập đến nội lực xuất hiện trong kết cấu. Kết quả nội lực xuất hiện trong vòm được trình bày trong bảng 1. Kết quả nội lực xuất hiện trong dầm ngang giữa trình bày trong bảng 2, trong dầm ngang biên (bảng 3), dầm dọc giữa (bảng 4), dầm dọc biên (bảng 5), giằng ngang giữa (bảng 6), thanh treo (bảng 7) và chuyển vị lớn nhất của kết cấu (bảng 8). Giá trị trong bảng với moment M có đơn vị Tm, lực cắt Q có đơn vị T và lực dọc trục N có đơn vị T.

Bảng 1: Nội lực trong vòm

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
Tại đỉnh vòm				
M+	55,51	57,02	54,83	56,96
M-	-	-	-	-
Q	13,29	13,73	13,00	13,71
N	883,22	887,14	882,11	887,12
Tại chân vòm				
M+	39,96	84,50	31,27	84,45
M-	-	-	-	-
Q	1585,62	1777,02	1505,68	1776,45
N	210,5	318,32	265,37	318,17
N	893,31	848,7	910,91	848,70

Bảng 2: Nội lực trong dầm ngang giữa.

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
M+	280,88	297,72	124,01	106,68
M-	-207,88	-229,06	-186,13	-222,19
Q	96,35	107,04	92,96	98,35

Bảng 3: Nội lực trong dầm ngang biên.

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
M+	180,10	172,43	139,02	116,61
M-	-176,46	-176,20	-158,68	-170,97
Q	92,94	89,71	86,67	84,44

Bảng 4: Nội lực trong dầm dọc giữa.

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
M+	5,67	35,56	37,17	76,40
M-	-40,42	0	-47,73	0
Q	61,42	60,92	59,96	58,00

Bảng 5: Nội lực trong dầm dọc biên.

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
M+	290,29	304,83	292,75	314,17
M-	-576,07	-591,18	-579,14	-590,38
Q	100,90	107,25	102,97	106,22

Bảng 6: Nội lực trong giằng ngang.

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
M+	12,81	12,87	12,02	12,05
M-	-11,48	-11,52	-7,76	-7,72
Q	7,34	7,36	6,73	6,73

Bảng 7: Nội lực trong dây treo.

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
N	62,07	62,69	62,84	62,79

Bảng 8: Chuyển vị lớn nhất, cm

	MH 1	MH 2	MH 3	MH 4
Dis	4,847	4,931	4,830	4,832

Khi so sánh kết quả tính toán thu được từ các mô hình nêu trong phần 3, giá trị nội lực trong từng loại phần tử thay đổi như sau:

- ✓ *Đối với kết cấu vòm: Mặt cắt tại đỉnh vòm:* giá trị mô ment dương, lực cắt và lực dọc trục sẽ lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất khi tính theo MH3. Giá trị mô ment dương thay đổi khoảng $\pm 4\%$, giá trị lực cắt thay đổi khoảng $\pm 5,6\%$, giá trị lực dọc trục thay đổi khoảng $\pm 0,57\%$. *Mặt cắt tại chân vòm:* giá trị mô ment dương, mô ment âm, lực cắt sẽ lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất khi tính theo MH3. Ngược lại, giá trị lực dọc trục lớn nhất khi tính theo MH3 và nhỏ nhất khi tính theo MH2. Giá trị mô ment dương thay đổi khoảng, giá trị mô ment âm thay đổi khoảng $\pm 18\%$, giá trị lực cắt thay đổi khoảng từ -35% đến 53% , giá trị lực dọc trục thay đổi khoảng $\pm 7\%$.
- ✓ *Dầm dọc biên:* giá trị mô ment dương, mô ment âm và lực cắt sẽ lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất khi tính theo MH1. Giá trị mô ment dương thay đổi khoảng $\pm 8\%$, giá trị mô ment âm thay đổi khoảng $\pm 2,6\%$, giá trị lực cắt thay đổi khoảng $\pm 6,2\%$.
- ✓ *Dầm dọc giữa:* giá trị mô ment dương lớn nhất khi tính theo MH4, nhỏ nhất khi tính theo MH1. Giá trị này thay đổi

khoảng 10 lần. Giá trị mô ment âm lớn nhất khi tính theo MH3. Khi tính theo MH2 và MH4 không xuất hiện mô ment âm. Giá trị lực cắt lớn nhất khi tính theo MH1, nhỏ nhất khi tính theo MH4. Giá trị này thay đổi khoảng $\pm 5,90\%$.

- ✓ *Dầm ngang biên:* giá trị mô ment dương và lực cắt lớn nhất khi tính theo MH1, nhỏ nhất khi tính theo MH4. Giá trị mô ment âm lớn nhất khi tính theo MH4, nhỏ nhất khi tính theo MH3. Giá trị mô ment dương thay đổi khoảng từ $-35,20\%$ đến $54,4\%$, giá trị mô ment âm thay đổi khoảng $\pm 11,0\%$, giá trị lực cắt thay đổi khoảng $\pm 10\%$.
- ✓ *Dầm ngang giữa:* giá trị mô ment dương lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất theo MH4. Giá trị mô ment âm và lực cắt lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất theo MH3. Giá trị mô ment dương thay đổi khoảng từ $-64,1\%$ đến $179,0\%$, giá trị mô ment âm thay đổi trong khoảng từ $-18,7\%$ đến $23,0\%$, giá trị lực cắt thay đổi khoảng từ $-13,15\%$ đến $15,15\%$.
- ✓ *Giằng ngang:* giá trị mô ment dương lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất theo MH1. Giá trị mô ment âm và lực cắt lớn nhất khi tính theo MH2, nhỏ nhất theo MH4. Giá trị mô ment dương thay đổi khoảng từ $\pm 7,0\%$, giá trị mô ment âm thay đổi trong khoảng từ $-33,0\%$ đến $49,4\%$, giá trị lực cắt thay đổi khoảng $\pm 9,0\%$.
- ✓ *Dây treo:* giá trị lực dọc trục lớn nhất khi tính theo MH3, nhỏ nhất theo MH1. Giá trị này thay đổi khoảng $\pm 1,26\%$.
- ✓ *Chuyển vị theo phương thẳng đứng:* lớn nhất khi tính theo MH3, nhỏ nhất theo MH2. Giá trị này thay đổi khoảng $\pm 1,6\%$.

5. Kết luận

Giá trị nội lực xuất hiện trong các phân tử thay đổi theo mô hình tính toán. Việc mô hình liên kết ngang bằng phần tử Rigit Link không gây ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính toán (so sánh giữa MH1 và MH3, giữa MH2 và MH4). Chính vì vậy, để đơn giản hoá mô hình có thể bỏ qua liên kết này. Mô hình 2 khi các phần tử dầm dọc giữa được xem như dầm giản đơn kê trên hai dầm ngang, kết quả tính có độ an toàn cao

nhất. Khi dầm dọc giữa được mô hình bằng phần tử thanh dạng liên tục ngàm hai đầu cần lưu ý bố trí cốt thép chịu mô men tại hai đầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 22 TCN 272-01 Tiêu chuẩn thiết kế cầu.
2. Tập bản vẽ công trình cầu Nguyễn Huệ, thị xã Tân An, tỉnh Long An - 2005.
3. Hướng dẫn sử dụng chương trình MIDAS kèm theo phần mềm MIDAS.
4. Pgs.Ts. Nguyễn Việt Trung, Ts. Hoàng Hà, Ts. Nguyễn Ngọc Long, Cầu Bê Tông Cốt Thép tập II, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2003
5. Pgs.Ts. Stefan Zemko, Pgs.Ts. Martin Moravcik, Betonové mosty, všeobecná cast, Zilina 2004 (bản tiếng Slovak).