

# ẢNH HƯỞNG TỶ LỆ CHIỀU DÀI NHỊP ĐẾN PHÂN BỐ NỘI LỰC TRONG CẦU TREO DÂY VÕNG

TS. PHÙNG MẠNH TIẾN

KS. ĐỖ TIẾN ĐẠT

Phân Viện KHCN GTVT Phía Nam

## TÓM TẮT

Cầu treo dây văng thuộc loại cầu có kiến trúc đẹp với khả năng vượt nhịp lớn. Tỷ lệ chiều dài nhịp là một trong những yếu tố chính tạo nên nét đặc trưng riêng cho cầu treo dây văng nhiều nhịp. Khi tỷ lệ chiều dài nhịp thay đổi thì sự phân bố nội lực giữa các bộ phận kết cấu sẽ thay đổi. Nội dung bài báo tập trung khảo sát sự ảnh hưởng của tỷ lệ chiều dài nhịp đến sự phân bố nội lực trong cầu treo dây văng thông qua phân tích kết quả tính toán hai mô hình cầu treo dây văng.

## ABSTRACT

The suspension bridge belongs to beautiful bridges which have very long span. The span length rate is one of the main factors making special feature of the several spans suspension bridge. When the span length rate changes, how the internal force distribution will change. Therefore, by analyzing and comparison the calculating results obtained from calculating models of two suspension bridges, the affect of the change of the span length rate to the internal force distribution is shown in this article.

## 1. PHẦN MỞ ĐẦU

Nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố nội lực trong cầu treo dây văng như: sơ đồ bố trí và chiều dài nhịp, cấu tạo dầm chính, số lượng dây treo, chiều cao tháp cầu... Trong đó, tỷ lệ chiều dài nhịp trực tiếp ảnh hưởng chiều dài của cáp chủ, kéo theo sự thay đổi nội lực và biến dạng của toàn hệ kết cấu (dầm chính, dây treo, trụ tháp...).

Nhằm mục đích hiểu rõ hơn ảnh hưởng của sự thay đổi tỷ lệ chiều dài nhịp đến phân bố nội lực trong cầu treo dây văng, nội dung bài báo phân tích và so sánh kết quả tính toán nội lực hai cầu treo dây văng với tỷ lệ chiều dài nhịp khác nhau được mô hình nhờ phần mềm MIDAS/Civil.

## 2. GIỚI THIỆU CẦU TREO DÂY VÕNG

Cầu treo dây văng là loại cầu trong đó bộ phận chịu lực chính là dây cáp, do đó nó có thể sử dụng tối đa khả năng chịu kéo của các loại thép sợi cường độ cao. Do ưu điểm này nên cầu treo dây văng vượt được khẩu độ rất lớn mà các loại kết cấu khác không

làm được kể cả cầu dây văng. Cầu treo dây văng được coi là loại cầu đẹp, nhẹ và chịu lực tốt, được áp dụng phổ biến trên thế giới cho các cầu nhịp lớn.

Hiện nay, 20 cầu có nhịp chính lớn nhất trên thế giới đều có dạng cầu treo dây văng. Cầu Akashi Kaikyo - Nhật Bản (Hình 1) đạt kỷ lục thế giới về chiều dài nhịp chính  $L = 1.991m$ . Về phương diện thẩm mỹ, một số cầu trở thành biểu tượng của vùng hay quốc gia như cầu Golden Gate - Mỹ, cầu Tsing Ma - Hồng Kông, cầu JangYin tại Trung Quốc...

Tại Việt Nam kết cấu cầu treo được áp dụng từ giữa năm 1965 nhằm đảm bảo giao thông trong cuộc chiến tranh chống Mỹ như cầu Vĩnh Tuy (Hà Giang), Đuan Vỹ (Nam Hà) năm 1965 - 1968, cầu Đuan Hùng (Phú Thọ) khẩu độ 104m năm 1966...[1]. Đến nay, với trình độ kỹ thuật ngày càng được cải tiến cùng với việc chuyển giao công nghệ từ nước ngoài, cầu treo dây văng với quy mô lớn hơn đã được nghiên cứu và từng bước đưa vào ứng dụng như cầu treo Thuận Phước (Hình 2) tại Đà Nẵng.



Hình 1. Cầu Akashi Kaikyo - Nhật Bản



Hình 2. Phối cảnh cầu Thuận Phước

### 3. CHỌN CHIỀU DÀI NHỊP

Thông thường cầu treo dây võng được thiết kế với khoảng chiều dài nhịp hợp lí là 500 - 2000 m. Với ưu thế vượt nhịp lớn, cầu treo dây võng là một lựa chọn tối ưu để giảm bớt khối lượng móng sâu. Tuy nhiên giá thành xây dựng kết cấu bên trên cầu cũng ảnh hưởng nhiều đến chiều dài nhịp, tính không thông thuyền cũng là một yếu tố quyết định đến chiều dài nhịp giới hạn của cầu.

Mặt khác, giá trị nội lực và biến dạng của các kết cấu trong cầu treo dây võng như: trụ tháp, cáp chủ, dầm chủ..., cũng thay đổi theo chiều dài nhịp. Do đó việc bố trí chiều dài nhịp đòi hỏi phải đảm bảo về kinh tế và kỹ thuật.

Chiều dài nhịp chính  $L_0$ , chiều dài nhịp biên  $L_1$  và tỷ lệ  $L_1/L_0$  của một số cầu treo dây võng đang khai thác được thống kê trong **Bảng 1**. Số liệu cho thấy tỷ số  $L_1/L_0$  thay đổi trong phạm vi 0,174 ~ 0,510. Vậy khi tỷ lệ chiều dài nhịp thay đổi thì sự phân bố nội lực trong cầu treo dây võng sẽ thay đổi như thế nào?

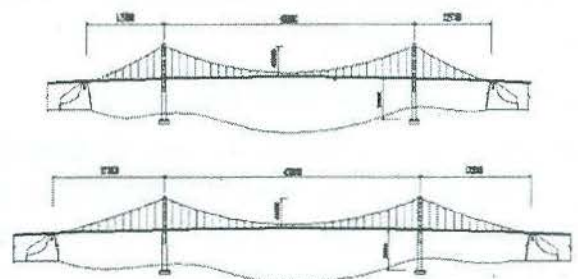
Bảng 1. Tỷ lệ chiều dài nhịp một số cầu dây võng

STT	Tên cầu	Quốc gia	Nhịp Chính $L_0$ (m)	Nhịp Biên $L_1$ (m)	$L_1/L_0$
1	Triborough	Mỹ	420,9	214,8	0,510
2	Akashi Kaikyo	Nhật Bản	1991	960	0,482
3	Mackinac Straits	Mỹ	1158,2	548,6	0,474
4	Forth Road	Anh	1007	408	0,405
5	Kwang Ahn Great	Hàn Quốc	500	200	0,400
6	Angostura	Venezuela	712	280	0,393
7	Ohnaruto	Nhật Bản	876	330	0,377
8	Great Belt East	Đan Mạch	1624	535	0,329
9	Bronx - Whitestone	Mỹ	701	224	0,320
10	Severn	Anh	987,6	304,8	0,309
11	Verrazano Narrows	Mỹ	1298,5	370,3	0,287
12	Pierre Laporte	Canada	667,5	186,5	0,279
13	Kita Bisan-Seto	Nhật Bản	990	274	0,276
14	Golden Gate	Mỹ	1280	343	0,268
15	Thuận Phước	Việt Nam	405	120	0,296
16	Minami Bisan - Seto	Nhật Bản	1100	274	0,249
17	Shimotsui - Seto	Nhật Bản	940	230	0,245
18	Rainbow	Nhật Bản	570	114	0,200
19	Matadi	Congo	520	91	0,175
20	George Washinton	Mỹ	1066,8	186	0,174

### 4. CÁC TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU

Ảnh hưởng tỷ lệ chiều dài nhịp đến phân bố nội lực trong cầu treo dây võng được nghiên cứu thông qua việc phân tích mô hình cầu treo dây võng ba nhịp với chiều dài hai nhịp biên bằng nhau. Khổ ngang cầu  $S = 11m$ , bố trí hai mặt phẳng dây, các dây treo thẳng đứng và song song. Xét hai trường hợp với chiều dài nhịp chính không đổi là  $L_0 = 400m$ , chiều dài nhịp biên  $L_1$  lần lượt là  $125m$  và  $175m$  (Hình 3) ứng với tỷ lệ chiều dài nhịp  $L_1/L_0 = 125/400 = 0,3125$  và  $L_1/L_0 = 175/400 = 0,4375$

Trụ tháp dạng khung cứng hình chữ H cao 40m (tính từ bản mặt cầu), có bố trí ba giằng ngang tại vị trí cách đỉnh trụ tháp 1,25m, vị trí giữa đỉnh trụ tháp và bản mặt cầu, vị trí bản mặt cầu. Trong cả hai trường hợp xét tĩnh không thông thuyền không đổi.



Hình 3. Sơ đồ hai trường hợp nghiên cứu

Các kết cấu chính như dầm chủ (DC), trụ tháp (TT), cáp chủ (CC), dây treo (DT), của mô hình có những thông số kỹ thuật cơ bản như môđun đàn hồi  $E [kN/m^2]$ ; khối lượng riêng  $g [kN/m^3]$ ; diện tích tiết diện  $A [m^2]$ ; mô men quán tính quay quanh trục x  $I_x [m^4]$ , trục y  $I_y [m^4]$  và trục z  $I_z [m^4]$  được trình bày trong **Bảng 2**.

**Bảng 2. Thông số kỹ thuật cơ bản**

	DC	TT	CC	DT
E	$2,1 \times 10^8$	$2,2 \times 10^8$	$2,0 \times 10^8$	$1,4 \times 10^8$
$\gamma$	78,5	78,5	82,5	78,5
A	0,5395	0,16906	0,04178	0,00209
$I_x$	0,4399	0,1540	0	0
$I_y$	0,1316	0,1450	0	0
$I_z$	3,2667	0,1143	0	0

Trong cả hai trường hợp nghiên cứu, cáp chủ được bố trí sao cho khoảng cách giữa cáp chủ và bản mặt cầu tại vị trí giữa nhịp không thay đổi.

Điều kiện biên được xem xét như nhau trong cả hai trường hợp.

Với mục đích nghiên cứu, bài báo xem xét các trường hợp tải trọng bao gồm tĩnh tải kết cấu nhịp; tải trọng tập trung  $F = 450kN$  tác dụng lên kết cấu nhịp lần lượt tại ba vị trí (giữa nhịp biên,  $1/4$  và  $1/2$  nhịp giữa).

Phần mềm MIDAS/Civil có giao diện thân thiện, dễ sử dụng, đã được ứng dụng tính toán cho nhiều công trình trên thế giới [3], [5], [6], [7] và cho cầu Thuận Phước - cầu treo dây võng đầu tiên ở Việt Nam [4], vì vậy tác giả dùng chương trình MIDAS/Civil để phân tích tính toán.

#### 4. BÀN LUẬN KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Nội dung bài báo không đề cập đến việc phân tích động lực học công trình, ổn định tổng thể của kết cấu cũng như kiểm toán ứng suất trong các tiết diện. Nội dung chỉ so sánh nội lực xuất hiện trong kết cấu dưới tác dụng của tải trọng bản thân, lực tập trung tại ba vị trí xem xét. Thông qua việc phân tích so sánh để thấy được ảnh hưởng của sự thay đổi tỷ lệ chiều dài nhịp đến sự phân bố nội lực trong kết cấu cầu treo dây võng. **Trường hợp 1 (TH1):** chiều dài nhịp biên  $L_1 = 125m$  ứng với tỷ lệ chiều dài nhịp bằng 0,3125, **Trường hợp 2 (TH2):** chiều dài nhịp biên  $L_1 = 175m$  ứng với tỷ lệ chiều dài nhịp bằng 0,4375.

Kết quả nội lực trong dầm chủ được xem xét bởi giá trị lớn nhất ở nhịp chính và nhịp biên. Kết quả nội lực trong dầm chủ do tĩnh tải được trình bày trong **Bảng 3**, do hoạt tải được trình bày trong **Bảng 4 ~ 6**.

**Bảng 3. Nội lực trong dầm chủ do tĩnh tải**

Trường hợp	TH1	TH2	TH2 / TH1
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>			
$M_{max}$ nhịp biên	3101	3378	1,09
$M_{max}$ nhịp chính	3496	3544	1,01
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>			
$F_{Zmax}$ nhịp biên	159	192	1,2
$F_{Zmax}$ nhịp chính	203	201	0,99
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>			
$F_{Xmax}$ nhịp biên	82	216	2,63
$F_{Xmax}$ nhịp chính	104	102	0,98

**Bảng 4. Nội lực trong dầm chủ do hoạt tải tại  $1/2 L_1$**

Trường hợp	TH1	TH2	TH2 / TH1
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>			
$M_{max}$ nhịp biên	6352	6449	1,05
$M_{max}$ nhịp chính	-92	-200	2,17
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>			
$F_{Zmax}$ nhịp biên	-77	-48	0,63
$F_{Zmax}$ nhịp chính	48	14	0,29
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>			
$F_{Xmax}$ nhịp biên	13	23	1,75
$F_{Xmax}$ nhịp chính	1,6	3,5	2,19

**Bảng 5. Nội lực trong dầm chủ do hoạt tải tại  $1/4 L_0$**

Trường hợp	TH1	TH2	TH2 / TH1
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>			
$M_{max}$ nhịp biên	-734	-797	1,09
$M_{max}$ nhịp chính	5723	5807	1,01
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>			
$F_{Zmax}$ nhịp biên	32	34	1,06
$F_{Zmax}$ nhịp chính	-23	-22	0,96
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>			
$F_{Xmax}$ nhịp biên	-1,1	-3,3	3,00
$F_{Xmax}$ nhịp chính	10,5	8,9	0,85

**Bảng 6. Nội lực trong dầm chủ do hoạt tải tại  $1/2 L_0$**

Trường hợp	TH1	TH2	TH2 / TH1
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>			
$M_{max}$ nhịp biên	-992	-1077	1,09
$M_{max}$ nhịp chính	5375	5497	1,02
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>			
$F_{Zmax}$ nhịp biên	43	46	1,08
$F_{Zmax}$ nhịp chính	34	31	0,91
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>			
$F_{Xmax}$ nhịp biên	-1,5	-4,5	3,00
$F_{Xmax}$ nhịp chính	-10,5	-12,5	1,19

So sánh kết quả trong **Bảng 3 ~ 6** nhận thấy khi tăng tỷ lệ chiều dài nhịp lên 1,4 lần thì nội lực trong dầm chủ thay đổi như sau:

- **Dưới tác dụng của tĩnh tải:** Mômen lớn nhất ở

nhịp biên và nhịp chính đều tăng. Tuy nhiên mức độ gia tăng giá trị momen ở nhịp chính (khoảng 1%) có lợi hơn ở nhịp biên (khoảng 9%). Lực cắt lớn nhất ở nhịp biên tăng khoảng 20%, ở nhịp chính giá trị lực cắt lớn nhất giảm không đáng kể (khoảng 1%). Lực dọc trục lớn nhất ở nhịp biên tăng hơn 2,6 lần nhưng ở nhịp chính giá trị lực dọc trục lớn nhất giảm không đáng kể (khoảng 2%).

Như vậy dưới tác dụng tĩnh tải, nội lực xuất hiện trong dầm chủ ở nhịp biên tăng theo chiều hướng bất lợi hơn so với ở nhịp chính.

▪ *Dưới tác dụng của hoạt tải:* Giá trị momen lớn nhất ở nhịp biên và nhịp chính đều tăng. Khi hoạt tải tác dụng ở nhịp biên, giá trị momen ở nhịp chính tăng hơn 2 lần, trong khi đó ở nhịp biên chỉ tăng thêm 5%; khi hoạt tải tác dụng ở nhịp chính, giá trị momen ở nhịp biên tăng khoảng 9%, còn ở nhịp chính tăng 1 ~ 2 %. Lực cắt lớn nhất ở nhịp biên và nhịp chính đều giảm khi hoạt tải tác dụng ở nhịp biên, tuy nhiên ở nhịp chính giá trị lực cắt giảm có lợi hơn so với ở nhịp biên. Khi hoạt tải tác dụng ở nhịp chính, lực cắt lớn nhất ở nhịp biên tăng, ở nhịp chính giảm, nhưng mức độ tăng giảm không lớn (nhỏ hơn 10%). Lực dọc lớn nhất ở nhịp biên và nhịp chính đều tăng khi hoạt tải tác dụng ở nhịp biên, lực dọc ở nhịp biên có giá trị lớn hơn nhưng mức độ thay đổi nhỏ hơn so với ở nhịp chính. Khi hoạt tải tác dụng ở nhịp chính, giá trị lực dọc lớn nhất ở nhịp biên tăng khoảng 3 lần, ở nhịp chính lực dọc giảm khi tải đặt tại ¼ nhịp chính và tăng khi tải đặt tại ½ nhịp chính giá trị lực dọc ở nhịp biên nhỏ hơn nhưng mức độ thay đổi lớn hơn so với ở nhịp chính.

Kết quả nội lực xuất hiện trong một nhánh của trụ tháp được xem xét tại 4 mặt cắt: tại vị trí giằng ngang 1 (cách đỉnh trụ tháp 1,25m) - VT1, tại vị trí giằng ngang 2 (cách đỉnh trụ tháp 20m) - VT2, tại bản mặt cầu - VT3 và tại chân trụ tháp - VT4. Kết quả nội lực xuất hiện trong một nhánh trụ tháp tại những vị trí xem xét được trình bày trong Bảng 7 ~ 10.

Bảng 7. Nội lực trong nhánh trụ tháp do tĩnh tải

Trường hợp	Vị trí mặt cắt			
	VT1	VT2	VT3	VT4
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>				
TH1	120	1893	3392	4743
TH2	124	1957	3521	4954
TH2/TH1	1,03	1,03	1,04	1,04
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>				
TH1	-40	-40	-43	-43
TH2	-44	-44	-47	-47
TH2/TH1	1,10	1,10	1,09	1,09
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>				
TH1	-10081	-10375	-10854	-11146
TH2	-9605	-9854	-10378	-10670
TH2/TH1	0,95	0,95	0,96	0,96

Bảng 8. Nội lực trong nhánh trụ tháp do tải tại ½ L<sub>1</sub>

Trường hợp	Vị trí mặt cắt			
	VT1	VT2	VT3	VT4
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>				
TH1	-18	-284	-509	-623
TH2	-41	-643	-1157	-1606
TH2/TH1	2,28	2,26	2,27	2,58
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>				
TH1	6	6	5,7	5,7
TH2	15	15	15	15
TH2/TH1	2,50	2,50	2,63	2,63
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>				
TH1	-105	-105	-127	-127
TH2	-130	-130	-136	-136
TH2/TH1	1,24	1,24	1,07	1,07

Bảng 9. Nội lực trong nhánh trụ tháp do tải tại ¼ L<sub>0</sub>

Trường hợp	Vị trí mặt cắt			
	VT1	VT2	VT3	VT4
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>				
TH1	7	115	206	277
TH2	15	242	435	599
TH2/TH1	2,14	2,10	2,11	2,16
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>				
TH1	-2,5	-2,5	-2,1	-2,1
TH2	-5,5	-5,5	-5,3	-5,3
TH2/TH1	2,20	2,20	2,52	2,52
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>				
TH1	-290	-290	-271	-271
TH2	-253	-253	-236	-236
TH2/TH1	0,87	0,87	0,87	0,87

Bảng 10. Nội lực trong nhánh trụ tháp do tải tại ½ L<sub>0</sub>

Trường hợp	Vị trí mặt cắt			
	VT1	VT2	VT3	VT4
<b>Mô men uốn My [kN.m]</b>				
TH1	10	156	280	372
TH2	21	328	590	809
TH2/TH1	2,10	2,10	2,11	2,17
<b>Lực cắt Fz [kN]</b>				
TH1	-3,3	-3,3	-2,8	-2,8
TH2	-7,5	-7,5	-7,0	-7,0
TH2/TH1	2,27	2,27	2,50	2,50
<b>Lực dọc trục Fx [kN]</b>				
TH1	-283	-283	-250	-250
TH2	-232	-232	-202	-202
TH2/TH1	0,82	0,82	0,81	0,81

So sánh kết quả trong Bảng 7 ~ 10 nhận thấy khi tăng tỷ lệ chiều dài nhịp lên 1,4 lần thì nội lực xuất hiện trong nhánh của trụ tháp thay đổi như sau:

- *Dưới tác dụng của tĩnh tải:* Mômen tại các mặt cắt xem xét tăng từ 3 ~ 4 %, lực cắt tăng 9 ~ 10 %, lực dọc trục giảm 4 ~ 5 %.
- *Dưới tác dụng của hoạt tải:* Mômen tại các mặt

cắt xem xét của nhánh trụ tháp tăng hơn 2 lần, mức độ gia tăng giá trị momen khi tải đặt trên nhịp biên (2,26 ~ 2,58 lần) lớn hơn khi tải đặt trên nhịp chính (2,10 ~ 2,17 lần) và trong mỗi trường hợp đặt tải giá trị momen tăng nhiều nhất tại chân trụ tháp. Tương tự như momen, giá trị lực cắt tại các mặt cắt xem xét khi tải tác dụng trên nhịp biên tăng từ 2,5 ~ 2,63 lần và tăng từ 2,2 ~ 2,5 lần khi tải tác dụng trên nhịp chính, giá trị lực cắt tăng nhiều nhất tại bản mặt cầu và chân trụ tháp. Lực dọc tăng khi tải tác dụng trên nhịp biên (1,07 ~ 1,24 lần), tại các giằng ngang giá trị lực nén dọc tăng bất lợi nhất; khi tải tác dụng trên nhịp chính, lực nén dọc tại các mặt cắt xem xét giảm gần như nhau (13 ~ 19 %).

Như vậy, trong trường hợp tĩnh tải hoặc hoạt tải tác dụng trên nhịp chính nếu tăng tỷ lệ chiều dài nhịp thì có lợi về lực nén dọc trong trụ tháp.

Kết quả lực kéo dọc xuất hiện trong cáp chủ tại vị trí mố neo và đỉnh trụ tháp do tĩnh tải và hoạt tải được trình bày trong Bảng 11.

Bảng 11. Nội lực trong cáp chủ

Trường hợp	Trường hợp tải			
	Tĩnh tải	1/2L <sub>1</sub>	1/4L <sub>0</sub>	1/2L <sub>0</sub>
<b>Lực dọc trong cáp chủ tại vị trí đỉnh trụ tháp [kN]</b>				
TH1	13595	73	366	467
TH2	13399	119	339	425
TH2/TH1	0,98	1,63	0,93	0,91
<b>Lực dọc trong cáp chủ tại vị trí mố neo [kN]</b>				
TH1	12750	31	339	457
TH2	12418	65	298	405
TH2/TH1	0,97	2,10	0,88	0,89

Sau khi so sánh kết quả trong Bảng 11 nhận thấy khi tăng tỷ lệ chiều dài nhịp lên 1,4 lần thì lực dọc trục xuất hiện trong cáp chủ thay đổi như sau:

- Lực kéo dọc trong cáp chủ giảm dưới tác dụng của tĩnh tải (từ 2 ~ 3 %).

- Khi hoạt tải tác dụng ở nhịp biên, lực kéo trong cáp chủ tại mố neo và đỉnh trụ tháp tăng từ 1,6 ~ 2,1 lần, tại mố neo giá trị lực kéo tăng bất lợi hơn; khi hoạt tải tác dụng ở nhịp chính, lực kéo giảm từ 9 ~ 12 %

Do đó, khi tăng tỷ lệ chiều dài nhịp dưới tác dụng của tĩnh tải hoặc hoạt tải đặt trên nhịp chính thì có lợi về lực kéo trong cáp chủ.

## 5. KẾT LUẬN

Tỷ lệ chiều dài nhịp thay đổi kéo theo sự phân bố

nội lực trong toàn hệ kết cấu cầu treo dây võng sẽ thay đổi. Qua hai trường hợp xem xét có thể nhận xét cầu có tỷ lệ chiều dài nhịp càng lớn thì tĩnh tải gây ra nội lực trong dầm chủ, mômen uốn và lực cắt trong trụ tháp càng bất lợi, riêng lực nén dọc trong trụ tháp và lực kéo trong cáp chủ giảm. Khi hoạt tải tác dụng trên nhịp biên, momen uốn, lực dọc trong dầm chủ, nội lực trụ tháp và cáp chủ đều bất lợi, tuy nhiên lực cắt trong dầm chủ giảm có lợi. Khi hoạt tải tác dụng trên nhịp chính chỉ có lợi về lực nén dọc của trụ tháp và lực kéo trong cáp chủ.

Khi thiết kế cầu treo dây võng, do hoạt tải thường chiếm tỷ lệ nhỏ hơn nhiều so với tĩnh tải cho nên ưu tiên phương án với tỷ lệ chiều dài nhịp nhỏ hơn khi xét về phương diện chịu lực của kết cấu. Tuy nhiên cần xem xét đến khả năng tăng tiết diện của cáp chủ và ổn định uốn dọc của trụ tháp, đặc biệt là khả năng thi công nhịp chính dài nhằm đảm bảo tính khả thi và kinh tế □

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS.TS. Nguyễn Việt Trung, TS. Hoàng Hà. **Thiết kế Cầu treo dây võng**. Nhà xuất bản Xây dựng.
2. Ed. Wai-Fah Chen and Lian Duan. **Bridge Engineering Handbook**.
3. TS. Phùng Mạnh Tiến. **Hướng dẫn phân tích, tính toán cầu treo dây võng bằng phần mềm Midas 6.71**. Bài giảng chương trình cao học.
4. Ngô Đăng Quang, Nguyễn Đức Thanh. **Mô hình hóa và phân tích cầu treo dây võng phần mềm MIDAS/Civil**. Tạp chí cầu đường Việt Nam.
5. MIDAS IT, MIDAS/Civil - Analysis Reference, 2005.
6. Ngô Đăng Quang, Trần Ngọc Linh, Bùi Công Độ, Nguyễn Trọng Nghĩa, **Mô hình hóa và phân tích kết cấu cầu với MIDAS/Civil (Tập 1)**, Nhà xuất bản xây dựng 2005
7. Ngô Đăng Quang, Trần Ngọc Linh, Bùi Công Độ, Nguyễn Việt Anh, **Mô hình hóa và phân tích kết cấu cầu với MIDAS/Civil (Tập 2)**, Nhà xuất bản xây dựng 2007