

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ CỐ CẦU BÌNH 2010 ĐẾN LỰC CĂNG TRONG DÂY XIÊN BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐẶC TẦN SỐ DAO ĐỘNG

GS.TS Nguyễn Viết Trung;
TS. Đào Duy Lâm, TS. Nguyễn Thị Tuyết Trinh
Trường Đại học Giao thông Vận Tải

Tóm tắt: Vào đêm ngày 17/7/2010 khi cơn bão Conson đổ bộ vào địa bàn Hải Phòng, 3 chiếc tàu vận tải cỡ lớn đang neo đậu tại Nhà máy đóng tàu Bạch Đằng, cách cầu Bình khoảng 500m, bị đứt dây neo đã xuôi theo dòng chảy, đâm thẳng vào dầm cầu Bình (tại các vị trí gần dây xiên C23 đến dây C28 bên phía hạ lưu cầu) gây hư hỏng tại dầm chủ và dây cáp.

Do sử dụng kết cấu thép với thiết kế có tính dư và độ an toàn cao, cầu Bình vẫn đứng vững sau sự cố tuy nhiên khả năng chịu tải bị suy giảm (hiện tại chỉ cho phép khai thác với tải trọng xe dưới 3,5 tấn). Bài này sẽ đề cập đến một nội dung hết sức quan trọng trong công tác đánh giá xác định mức độ hư hỏng của cầu Bình sau sự cố đó là việc đánh giá lực trong hệ dây xiên cầu Bình bằng phương pháp đo đặc thực nghiệm tần số dao động cáp so sánh giữa các số liệu quan trắc trước và sau khi xảy ra sự cố.

1. Giới thiệu cầu bình và sự cố năm

1.1 Giới thiệu Cầu Bình

Cầu Bình nằm ở sông Cấm cách phà Bình 1km về phía thượng lưu, phía Nam nối với đường quốc lộ 5, phía Bắc nối với quốc lộ 10 thuộc thành phố Hải Phòng.

Cầu được thiết kế vĩnh cửu theo bộ Tiêu chuẩn riêng dựa trên: tiêu chuẩn Phần Lan, AASHTO và Nhật Bản.

Tải trọng thiết kế: Tải trọng trục 210 KN, tải trọng rải đều 3 KN/m² có kiểm tra với H30, XB80.

Khổ cầu: 22,5m (15m đường xe chạy)

Độ dốc dọc: 4%; Đường cong đứng R=4000m

Độ dốc ngang: 2%, Đường cong nằm R=3500m

Khổ thông thuyền: 25x125m; Mực nước thiết kế: 2,11m

Phương án kết cấu: Cầu có tổng chiều dài 1280 m (tính khoảng cách hai tường đỉnh của mố) với phần cầu dẫn mỗi bên dài 410m và phần cầu chính dài 460m.

Sơ đồ cầu: (50+6x60+100+260+100+6x60+50)m

Cầu chính là cầu dây văng có sơ đồ: (100 + 260m + 100)m liên tục, gồm 2 trụ tháp

Cầu dẫn là dầm thép liên hợp liên tục.

Bản mặt cầu là bản bê tông đúc sẵn

a. Dầm chủ:

Phần cầu chính:

Dầm liên tục, bố trí 2 mặt phẳng dây văng. Dầm thép I liên hợp cao 1,75m, gồm 2 dầm chủ với khoảng cách các dầm là 20,5m đối với nhịp giữa và 18,5m đối với nhịp biên

Phần cầu dẫn:

Dầm liên tục. Dầm thép I liên hợp cao 2,75m, gồm 4 dầm chủ với khoảng cách các dầm 6,0~6,5m.

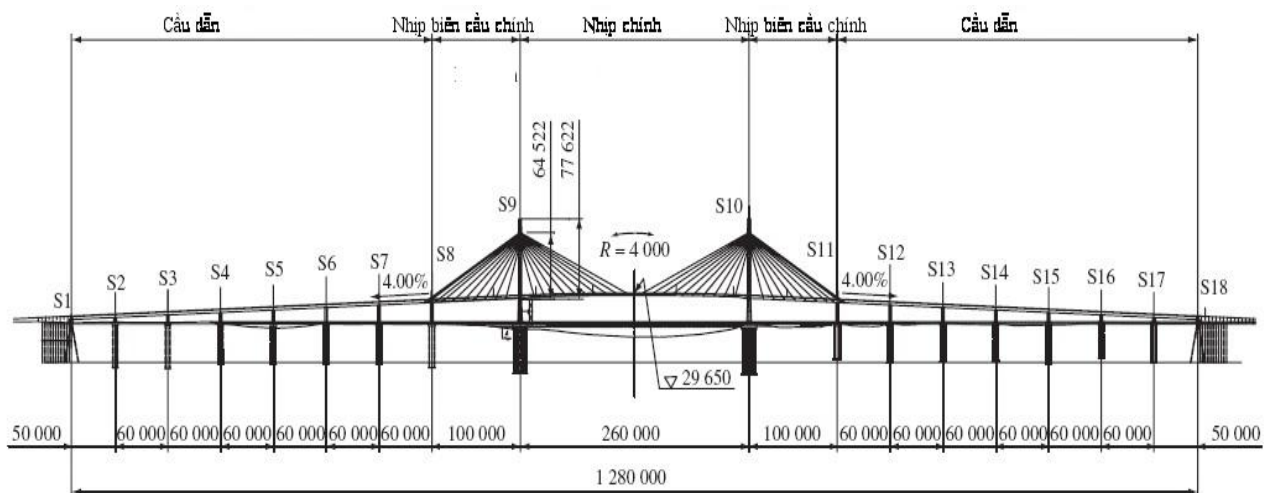
b. Trụ tháp

Gồm hai trụ tháp có chiều cao tính từ đáy kết cấu nhịp là 77,622m, tính từ mặt cắt bê tông móng là 101,6m. Trụ tháp bằng BTCT có phần từ đỉnh bê tông đến đỉnh kết cấu nhịp dạng đặc. Phần trên được chia làm 2 nhánh để neo mặt phẳng cáp, hai nhánh được liên kết với nhau bằng một dầm ngang.

Trụ tháp đặt trên bê tông móng có kích thước 44,834x17,5x5,5 (m) đặt trên 29 cọc khoan nhồi L = 42,6 và 43,6m có đường kính D = 2m.

c. Dây văng

Dây văng sử dụng loại bó cáp song song gồm các sợi thép cường độ cao $\phi 7\text{mm}$, gồm 40 dây được bố trí thành 2 mặt phẳng dàn Dây.



Hình 1. Bố trí chung cầu Bình – Hải Phòng

d. Mố

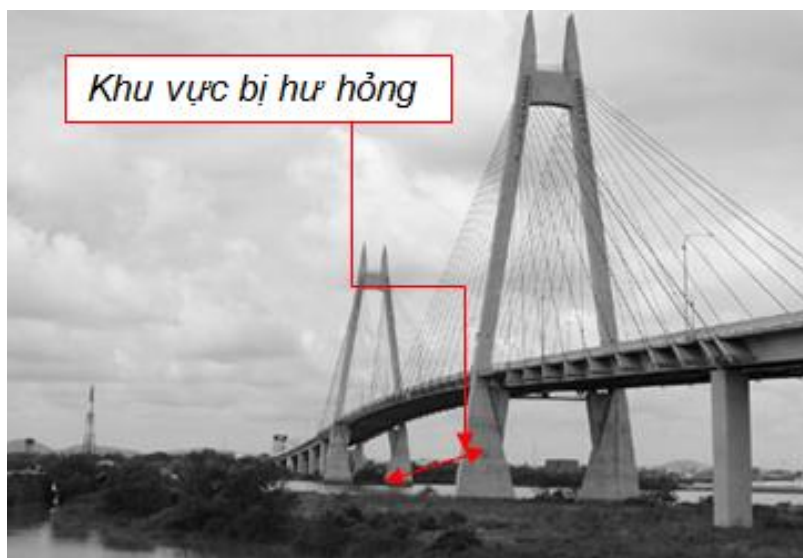
Mố S1, S18 là mố BTCT, đặt trên 12 và 13 cọc ống thép nhồi bê tông L = 39~41m,

đường kính 0,8m. Bệ móng có kích thước 24,0x4,9 (m).

e. Trụ

Có 16 trụ dạng thân đặc bằng BTCT. Bệ móng của trụ tháp đặt trên các cọc khoan nhồi đường kính $D = 2\text{m}$, bệ móng của các trụ còn lại đặt trên cọc ống thép nhồi bê tông.

1.2. Sự cố cầu Bính tháng 7 năm 2010



Hình 2. Vị trí và chạm/ hư hỏng

Vào đêm ngày 17/7/2010 khi cơn bão Conson đổ bộ vào địa bàn Hải Phòng. 3 chiếc tàu vận tải cỡ lớn đang neo đậu tại Nhà máy đóng tàu Bạch Đằng, cách cầu Bính khoảng 500m, bị đứt dây neo và bị gió và dòng nước tác động trôi ngược dòng, va chạm với kết cấu nhịp cầu Bính tại các vị trí trong khoảng từ dây xiên C23 đến dây C29 bên phía hạ lưu cầu.



Hình 3. Vị trí 3 tàu biển khi va đập vào cầu Bính

Các tàu gây ra tai nạn là tàu Shinsung Accord (Hàn Quốc, trọng tải 17.500 tấn được hạ thủy tháng 6/2010) và hai tàu đang được sửa chữa gồm: tàu container 1.700 TEU Vinashin Express 01 của Công ty Vận tải Biển Đông và tàu Vinashin Orient của Công ty cổ phần công nghiệp tàu thủy Hải Dương.

Đuôi tàu Vinashin Express 01 va đập mạnh thành cầu làm vỡ một số mảng bê tông thành cầu và cong, gãy một số đoạn thép lan can cầu.

Nghiêm trọng hơn là đã làm rách vỏ bọc các dây xiên C23, C24 trên một đoạn dài khoảng 8m(C24) và 3m(C23).

Hai tàu còn lại va chạm sâu trong gầm cầu với các cột sắt và cần cầu tàu va đập vào dầm chủ đoạn giữa dây xiên C28 và C29 khiến một dầm chủ bị xoắn vặn, chênh cao độ giữa hai điểm đáy dầm chủ khoảng 30cm, nghiêng 1 góc khoảng 35° , đoạn dầm xoắn vặn kéo dài từ điểm va chạm về hai phía tổng chiều dài đoạn vặn xoắn khoảng 25m, thân dầm có nhiều vết xước lớn, các sườn tăng cường bị biến dạng.



Hình 4. Hư hỏng khi va chạm

kế hoạch chi tiết cho việc khai thác tạm thời cầu Bính với tải trọng ô tô 2 trục có tổng tải trọng tối đa 3,5 tấn, khoảng cách tối thiểu giữa các xe 5,0m, tốc độ xe 25km/h trên hai làn

Sau sự cố công trình, cầu Bính đã tạm thời ngừng giao thông đối với ô tô chỉ cho phép xe máy và xe thô sơ qua cầu chờ khảo sát đánh giá chi tiết để sửa chữa khắc phục. Ban Quản lý các Dự án cầu Hải Phòng, cơ quan trực tiếp quản lý công trình, đã nhanh chóng kịp thời xử lý tình huống sự cố, đồng thời báo cáo Bộ GTVT và thông báo cho các tư vấn và đơn vị liên quan nhằm nghiên cứu khảo sát đánh giá sự cố và tìm biện pháp khắc phục.

Đến tháng 10/2010 dựa trên kết quả khảo sát, đo đạc, thử tải sau khi xảy ra sự cố va chạm của Công ty TV TKCN & XD GT, trường ĐH GTVT và kết quả tính toán đánh giá của Tổng Công ty TVTK GTVT, Bộ GTVT đã có văn bản số 7031 / BGTVT-KHCN thống nhất và đề nghị Tp

xe phía thượng lưu cầu. Vận tốc gió giới hạn trong khai thác là 15m/s.

2. Nội dung và phương pháp đo lực căng trong dây xiên

2.1 Các dây cần quan trắc, đánh giá

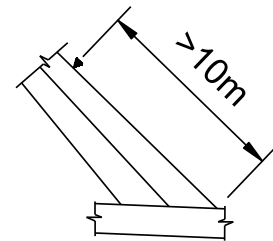
Để đánh giá chính xác hiện trạng cầu Bính sau sự cố, theo chỉ đạo của Bộ Giao thông Vận tải, tư vấn trường Đại học Giao thông Vận tải và các đơn vị liên quan đã tiến hành khảo sát đo đạc đối với hệ dầm chủ, hai trụ tháp cầu và toàn bộ 40 dây xiên cầu Bính. Tuy nhiên, bài báo này sẽ tập trung phân tích số liệu đo các dây quan trọng nhất tại khu vực ảnh hưởng trực tiếp bởi sự cố:

- + Dây giữa C21 (dây dài nhất ở nhịp chính)
 - + Dây xảy ra sự cố bị rách vỏ và bị xước cáp trong: C23, C24
 - + Dây tại khu vực đoạn dầm chịu va chạm gây vặn xoắn C27-C30
 - + Các dây tương ứng tại mặt phẳng dây phía thượng lưu cầu để đối chiếu kiểm tra
- Tổng cộng: 14 dây

2.2 Phương pháp đo, bố trí điểm đo

Việc đo lực căng trong dây văng được tiến hành bằng bộ thiết bị đo chuyên dụng của Mỹ, Nhật Bản. Quá trình thực hiện như sau:

- Gắn thiết bị cảm ứng trên dây, gắn cao tối đa có thể, vị trí thiết bị cách điểm neo trên 10m (dùng xe có thang để đặt thiết bị),
- Tạo dao động cho dây (bằng lực kéo hoặc xung kích),
- Thông qua bộ thiết bị đo chuyên dụng xác định tần số dao động của dây từ đó tính toán ra lực căng trong dây



Để đánh giá khả năng khai thác thực tế tư vấn cũng đã tiến hành đo lực căng trong dây với tải trọng thử 4 tấn. Khi đo lực căng trong dây phải xếp đoàn hoạt tải căn cứ vào đường ảnh hưởng nội lực các dây. Tuy nhiên trong bài báo này sẽ không đề cập đến nội dung đo lực căng dưới tác dụng tải trọng thử.



Hình 5: Thiết bị đo dao động cáp dây văng và đo dao động bằng thiết bị chuyên dụng





Hình 6: Xếp hoạt tải thử đo lực căng trong dây văng

- **Phương pháp đo sử dụng đầu đo gia tốc**

Đây là bộ thiết bị đã được sử dụng để đo các cầu dây lớn nhất tại Việt Nam đạt độ tin cậy cao như: cầu Bãi Cháy, cầu Cần Thơ, cầu Kiên, cầu Phú Mỹ, cầu Thuận Phước....

Bộ thiết bị đo với thông số kỹ thuật chính như sau:



Hình 7: Bộ khuếch đại tín hiệu VAG 700^a

Đầu đo dao động gia tốc ASQ-D (Servo acceleration Transducers)

- Khoảng đo tần dao động: 0 – 300 Hz
- Bộ khuếch đại tín hiệu: VAG 700A (Signal Conditioner Dedicated to ASQ)
- Thiết bị xử lý số liệu đo NI USB 6210
- Phần mềm xử lý số liệu chạy trên nền Matlab.

- **Phương pháp đo sử dụng thiết bị đo laser**

Để đảm bảo độ chính xác, tư vấn đã sử dụng kết hợp thiết bị đo đầu đo gia tốc và thiết bị đo laser để đánh giá. Thiết bị đo laser cũng đã được sử dụng trong một số lần quan trắc trước đây đối với cầu Bính.

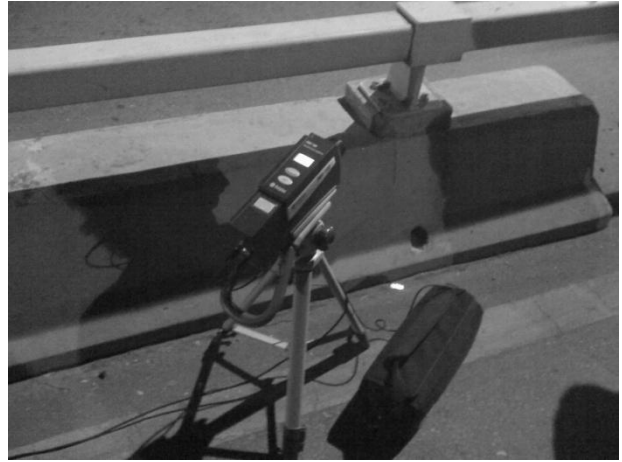
Thiết bị đo dao động của hãng Bruel Kjoer có thông số chính như sau:

- Đầu đo Polytec Laser-PDV-100, Dải tần số: 0Hz,, 22kHz; đo vận tốc, gia tốc, độ dịch chuyển



Hình 8: Đầu đo dao động gia tốc ASQ-D

- Bộ phân tích thiết bị xử lý dữ liệu PULSE the Multi – Analyer System
- Phần mềm xử lý PULSE 10.3.



Hình 9: Điểm đo dao động bằng laser

Hình 10: Thiết bị đo dao động bằng Laser

3. Đánh giá kết quả đo

3.1 Kết quả đo tần số dao động trong cáp

Kết quả tần số dao động riêng của cáp dây văng sau khi đã được xử lý thông kê bằng phần mềm Matlab và Excel:

Hạng mục đo	Mặt phẳng A(sự cố)				Mặt phẳng B				Ghi chú
	Năm 2009 (A)	Năm 2010 (A) (khi xảy ra sự cố)	Năm 2011 (A) (sau sự cố)	Sai lệch 09-10 10-11	Năm 2009 (B)	Năm 2010(B) (khi xảy ra sự cố)	Năm 2011(B) (sau sự cố)	Sai lệch 09-10 10-11	
Cable	(Hz)	(Hz)			(Hz)	(Hz)			
Dây 21	0,887	0,935	0,875	-5,41% -6,42%	0,882	0,896	0,906	1,59% 1,13%	
Dây 23	-	1,088	1,094	-0,55%	-	1,124	1,109	-1,33%	Dây 23A sự cố
Dây 24	1,240	1,265	1,219	2,02% -3,64%	1,260	1,268	1,250	0,63% -1,42%	Dây 24A sự cố
Dây 27	1,680	1,675	1,625	-0,30% -2,99%	1,669	1,665	1,656	-0,24% -0,54%	
Dây 28	-	1,909	1,938	-1,52%	-	1,972	1,906	-3,35%	
Dây 29	-	2,039	2,125	-4,22%	-	2,090	2,031	-2,82%	
Dây 30	2,399	2,490	2,500	0,40% 0,40%	2,467	2,441	2,438	-1,05% -0,12%	

Sai lệch lớn nhất là -6,42% đến 7,67% (dây 31) lớn hơn giá trị cho phép trong sổ tay bảo dưỡng(5%). Tuy nhiên cần xét đến sai số trong đo đạc với giá trị lớn nhất khoảng 2-3% do vậy theo tư vấn đánh giá kết hợp với sai lệch của lần đo trước thì so với năm 2009 có thể chênh khoảng 8% là chấp nhận được.

Bên tư vấn đã chú trọng kiểm tra với dây 23A, 24A (dây hư hỏng) và các dây lân cận. Sai số lớn nhất là -3.64%, tần số dao động dây có sự cố và dây lân cận có xu hướng giảm chứng tỏ dây có thể có hiện tượng chùng nhưng nằm trong sai số cho phép của sổ tay duy tu bảo dưỡng (5%). Đối với dây có biến đổi lớn cần tiếp tục theo dõi trong lần quan trắc tiếp theo.

3.2 Xác định lực căng trong dây xiên

Kết quả tần số dao động riêng của cáp, sau khi đo sẽ được xử lý thống kê và sẽ được tính toán theo các công thức lý thuyết và thực nghiệm quy đổi ra lực căng trong cáp trong giai đoạn khai thác.

Kết quả tính toán cụ thể đối với tần số đo được năm 2011 như sau:

Mặt phẳng A (Phía hạ lưu-xảy ra sự cố):

	Đường kính	Diện tích	Chiều dài thiết kế	Tần số đo	Lực căng trong cáp	ứng suất trong cáp	ứng suất cho phép	Tỷ lệ
	(mm)	(m ²)	(m)	(Hz)	(N)	(MPa)	(MPa)	
C21	133	0.008	137.420	0.875	3,886,380.39	478.634	738.2	64.8%
C23	120	0.007	115.264	1.094	3,828,939.46	532.081	740.2	71.9%
C24	113	0.006	104.501	1.219	3,329,857.41	530.858	741.2	71.6%
C27	101	0.005	74.396	1.625	2,350,130.17	480.871	744.2	64.6%
C28	100	0.005	65.461	1.938	2,536,465.91	544.734	745.2	73.1%
C29	95	0.004	57.748	2.125	2,138,356.49	509.793	746.2	68.3%
C30	81	0.003	52.273	2.500	1,823,921.28	557.607	747.2	74.6%

Mặt phẳng B (Phía thượng lưu):

Số thứ tự	Đường kính	Diện tích	Chiều dài thiết kế	Tần số đo	Lực căng trong cáp	ứng suất trong cáp	ứng suất cho phép	Tỷ lệ
	(mm)	(m ²)	(m)	(Hz)	(N)	(MPa)	(MPa)	
C21	133	0.008	137.420	0.906	4,166,636.32	513.149	738.2	69.5%
C23	120	0.007	115.264	1.109	3,934,657.63	546.772	740.2	73.9%
C24	113	0.006	104.501	1.250	3,501,371.97	558.202	741.2	75.3%
C27	101	0.005	74.396	1.656	2,440,651.95	499.393	744.2	67.1%
C28	100	0.005	65.461	1.906	2,453,393.87	526.893	745.2	70.7%
C29	95	0.004	57.748	2.031	1,953,359.09	465.689	746.2	62.4%
C30	81	0.003	52.273	2.438	1,734,576.57	530.292	747.2	71.0%

3.3 Đánh giá

Quá trình đánh giá tần số dao động của cáp xiên cầu Bình sau khi xảy ra sự cố cho thấy:

Đối với các dây xảy ra sự cố dây 23A, 24A sai lệch lớn nhất đo được là -3.64%, tần số dao động dây có sự cố và dây lân cận có xu hướng giảm chứng tỏ dây có thể có hiện tượng chùng nhưng nằm trong sai số cho phép của sổ tay duy tu bảo dưỡng (5%). Sau sự cố 1 năm(2011) tần số có xu hướng giảm về gần giá trị đo được trước sự cố.

Sai lệch các tần số dao động thay đổi từ -6.42% đến 7.67%, sai số lớn nhất là -6.42% và 7.67% xảy ra trong cáp 31A và 21A lớn hơn giá trị cho phép trong sổ tay bảo dưỡng (5%). Tuy nhiên cũng cần xét đến sai số trong đo đạc với giá trị lớn nhất khoảng 2-3% do vậy theo tư vấn đánh giá kết hợp với sai lệch của lần đo trước thì so với năm 2009 chênh khoảng 8% là chấp nhận được.

Sự cố đã ảnh hưởng rõ rệt đến lực căng trong các dây xiên trong mặt phẳng dây hạ lưu cầu(xảy ra sự cố), mặt phẳng dây phía thượng lưu cầu có biến động trị số đo đối với các dây khu vực xảy ra sự cố do ảnh hưởng của các dây xảy ra sự cố dẫn đến sự phân bố lại lực trong các mặt phẳng dây xiên.

Trị số giá trị ứng suất xác định được trong các dây văng đều nhỏ hơn giá trị ứng suất cho phép với tỷ lệ bằng 61% đến 91,80% đối với mặt phẳng dây A và từ 60% đến 92,40% đối với mặt phẳng dây B. Kết quả này có thể kết luận ứng suất trong các bó cáp vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

Kết hợp đánh giá các giá trị ứng suất trong các cáp có thể thấy khả năng chịu lực của các cáp dây xiên đã quan trắc tại thời điểm quan trắc là đảm bảo với điều kiện hạn chế khai thác của cầu sau sự cố (tải trọng dưới 3,5 tấn) tuy nhiên việc tiếp tục quan trắc là cần thiết.

4. Kết luận

Sự cố tháng 7 năm 2010 đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến kết cấu chịu lực của cầu Bình tại khu vực xảy ra va chạm: đoạn dầm chính(với chiều dài khoảng 25m) sau va chạm bị hư hỏng nặng với phần sườn dầm, bản cánh dưới, phần sườn tăng cường bị cong vênh và biến dạng vượt quá giới hạn đàn hồi của kết cấu thép hiện đang chờ sửa chữa thay thế; một đoạn lan can hư hỏng, mặt cầu sứt vỡ cần thay thế; dây cáp văng C23 và C24 phía hạ lưu cầu Bình, vỏ bọc trên bị rách một đoạn dài khoảng 8m (C24) và 5m(C23) làm lộ các bó cáp bên trong, tuy nhiên các bó cáp thép này chỉ bị xước nhẹ hiện tại đã được nhà thầu IHI bọc bảo vệ chống sự xâm hại của môi trường). Hư hỏng cáp xiên theo đánh giá là không gây ảnh hưởng nguy hiểm đến khả năng chịu lực tức thời của cáp tuy nhiên ảnh hưởng do va chạm, kéo khi xảy ra sự cố là rất khó đánh giá vì vậy cần tiếp tục quan trắc trong thời gian tới do lực căng trong các dây đã có biến động lớn hơn trị số cho phép của

sở tay bảo dưỡng.

Kết quả quan trắc lực căng dây xiên cùng với kết quả đánh giá các bộ phận kết cấu khác thể hiện kết cấu cầu Bình làm việc ổn định tại thời điểm khảo sát trong giai đoạn khai thác tạm thời với tải trọng hạn chế sau sự cố tuy nhiên quá trình quan trắc cầu sau sự cố vẫn phải tiếp tục tiến hành liên tục để theo dõi các bất thường có thể xảy.

Việc sử dụng các thiết bị đo dao động và đầu đo hiện có tại Việt Nam (đầu đo gia tốc, máy đo laser) kết hợp với việc xử lý số liệu bằng công cụ lập trình Matlab, Excel là đảm bảo độ tin cậy và hoàn toàn có thể đánh giá các đặc trưng động từ đó xác định lực căng dây xiên trong các kết cấu cầu lớn đã xây dựng tại Việt Nam đặc biệt là cầu treo dây xiên và cầu treo dây võng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo cáo khảo sát, đánh giá nguyên nhân và xác định mức độ hư hỏng sự cố cầu Bình do Công ty TV TKCN và XDGT, Trường ĐH GTVT lập tháng 9 năm 2010.
- [2]. Hồ sơ sự cố đâm tàu ngày 17/7/2010, Ban Quản lý các Dự án cầu Hải Phòng.
- [3]. Hồ sơ quan trắc cầu Bình 2007-2010, Công ty TV TKCN và XDGT, Trường ĐH GTVT.
- [4]. Hồ sơ, bản vẽ hoàn công Cầu Bình - Hải Phòng, Ban Quản lý các Dự án cầu Hải Phòng.
- [5]. Sổ tay hướng dẫn duy tu bảo dưỡng cầu Bình do Tư vấn dự án Chodai-Joc lập tháng 8/2005.
- [6]. Quy trình kiểm định cầu 22TCN243-98.

Abstract

DYNAMIC ANALYSIS OF STAYED-CABLE IN BINH BRIDGE AFTER THE COLLISION INCIDENT IN 2010 BY VIBRATION MEASUREMENT

Due to impacts of Conson typhoon to Hai phong area in July 2010, 3 large vessels broke anchor rope and were moved, then crashed straight into the Binh Cable-Stayed Bridge, causing heavy damage. Binh Bridge in Hai Phong City of Vietnam is a stayed cable bridge with total length is 1280 m (bridge arrangement: 50+6x60+100+260+100+6x60+50m) continuous, includes 2 towers.

Due to modern structures, the Binh Bridge can still survive after this collision incident, but it could not meet the carrying capacity as designed (now only allow truck under 3.5 tons). In this paper we present the result of dynamic analysis of Binh Bridge after the incident by experimental method: vibration of stayed cables in comparison with the monitoring results before the incident.

Keywords: Dynamic analysis; cable-stayed bridge; Bridge Structural Health Monitoring.