

Nghiên cứu thực nghiệm xác định lực căng động trong cáp hàng của cổng trục phục vụ lao lắp dầm cầu Super-T

PGS. TS. NGUYỄN VĂN VINH

ThS. NCS. BÙI THANH DANH

Trường Đại học Giao thông vận tải

Tóm tắt: Bài báo trình bày tóm tắt các kết quả đo đạc thực nghiệm nhằm xác định lực căng động trong một nhánh cáp của cụm tời nâng hàng trên cổng trục lắp đặt tại xà mũ trụ cầu phục vụ lao lắp dầm cầu SUPER-T. Từ đó đưa ra các nhận xét, kết luận về qui luật thay đổi của lực căng cáp nhằm đề xuất các giải pháp kỹ thuật để nâng cao hiệu quả khai thác thiết bị này.

Abstract: The paper presents briefly the experimental results to determine the dynamic tensional force in a branch of rope of electric lifting winch on the gantry crane that installed on the cap of bridge pier serving installation of SUPER-T beams. From which given the remarks and conclusions about the law of change of tensional force in the rope and then propose technical solutions to improve the mining efficiency of this equipment.

1. Đặt vấn đề

Cổng trục lắp đặt trên xà mũ phục vụ lao lắp dầm cầu Super-T là một trong những thiết bị thi công chuyên dùng trong ngành xây dựng cầu. Vì vậy, việc nghiên cứu tính toán và thiết kế có những đặc điểm riêng. Đối với loại cổng trục này thì cụm tời nâng hạ là cụm máy rất quan trọng, nó quyết định đến khả năng mang tải, độ an toàn khi làm việc, tải trọng động tác dụng lên kết cấu thép. Do đó, việc nghiên cứu qui luật biến thiên cũng như các giá trị của tải trọng động phát sinh trong mỗi nhánh cáp của cụm tời nâng là rất cần thiết. Kết quả nghiên cứu thu được sẽ giúp cho các kỹ sư, cán bộ quản lý đề ra các giải pháp kỹ thuật trong thiết kế và sử dụng hợp lý thiết bị.

Bài báo giới thiệu các kết quả thu được khi các tác giả tiến hành nghiên cứu thực nghiệm đo đặc lực căng trong nhánh cáp của cụm tời nâng khi làm việc ở các trạng thái khác nhau tại hiện trường.

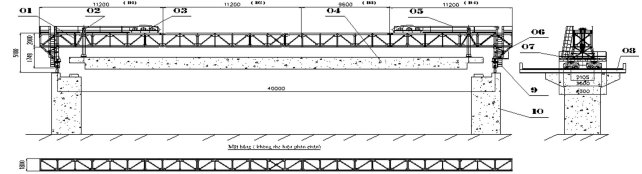
2. Nội dung thực nghiệm

2.1. Đối tượng thực nghiệm

- Đối tượng thực nghiệm là cổng trục phục vụ lao lắp dầm cầu Super-T có cấu tạo tổng thể được trình bày trên Hình 1. Đây là cổng trục chuyên dùng do các đơn vị trong nước thiết kế, chế tạo.

Nguyên lý làm việc như sau: Cổng trục di chuyển ra ngoài công xon của dầm đỡ ray (08) lắp trên xà mũ trụ cầu, hạ hai cụm móc cầu của tời nâng hàng (03) để nâng phiến dầm cầu (04) từ xe ô tô chở dầm dưới

mặt đất đưa lên cao, di chuyển vào phía trong và lần lượt đặt các phiến dầm vào các vị trí gối cầu trên mỗi trụ cầu. Sau khi lao hết toàn bộ các phiến dầm của một nhịp, dùng cần cầu để nhấc toàn bộ cổng trục xuống dưới đất và di chuyển toàn bộ thiết bị sang một nhịp khác để tiếp tục lao lắp các phiến dầm của nhịp đó.



1. Dàn chính; 2. Cụm pully móc cầu; 3. Cụm tời nâng - hạ hàng; 4. Dầm Super - T; 5. Lan Can; 6. Cụm chân cổng trục; 7. Bộ máy di chuyển; 8. Dầm đỡ ray trên xà mũ; 9. Cầu thang; 10. Trụ cầu

Hình 1: Tổng thể cổng trục lắp đặt trên xà mũ

- Các thông số của cổng trục:

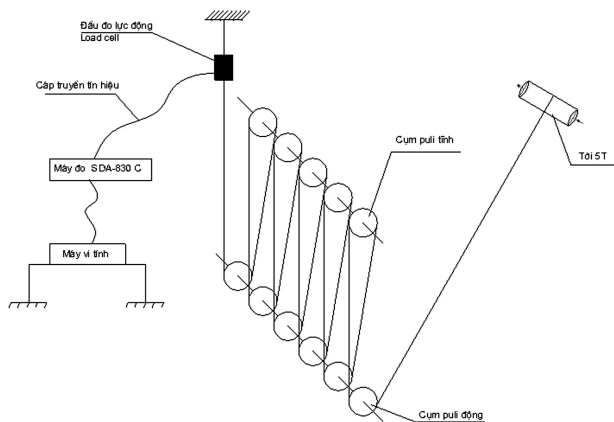
- + Khẩu độ cổng trục $L_k = 40\text{m}$. Tải trọng nâng $Q = 80$ tấn; vận tốc nâng $V_n = 1,08$ m/ph.
- + Vận tốc di chuyển cổng trục $V_{dc} = 7,5$ m/ph.
- + Số cụm tời nâng 2 cụm: Mỗi cụm có tải trọng nâng $Q = 60$ tấn được bố trí cách chân cổng trục một đoạn $l = 2,4\text{m}$ ở phía trong khẩu độ của cổng trục.
- + Chiều cao nâng lớn nhất $H = 20\text{m}$.
- + Số nhánh cáp của mỗi cụm tời nâng $z = 12$, đường kính cáp 22 (cáp 6 x 19).
- + Tang cuốn cáp là tang đơn có một nhánh cáp cuốn vào tang.
- + Động cơ nâng là loại lồng sóc ngắn hạn lặp lại: công suất $N = 15$ kw- 960v/ph.
- + Động cơ di chuyển cổng trục là loại lồng sóc ngắn hạn lặp lại: công suất $N = 4,5$ kw - 1450 v/ph.

- Các thông số kỹ thuật của dầm super-T

Dầm super-T có nhiều loại nhưng đối tượng chúng ta khảo sát có các thông số chính:

- + Chiều dài dầm: $L_d = 38\text{m}$; chiều cao dầm $h_d = 1,75\text{m}$; chiều rộng mặt trên dầm $b_d = 2\text{m}$.
- + Tổng trọng lượng dầm bê tông $G_d = 73$ tấn; trọng lượng mỗi cụm móc cầu $G_m = 1$ tấn.
- + Tổng trọng lượng cả dầm bê tông và cụm móc cầu $G = 75$ tấn.

- Sơ đồ bố trí đầu đo lực căng cáp trong một cụm tời nâng bố trí một bên của cổng trục (Hình 1- Cụm 3) được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2: Sơ đồ mắc cáp và bố trí đầu đo lực căng động trong cáp hàng

2.2. Thiết bị đo

Để đo được lực căng động (lực thay đổi theo thời gian) sinh ra trong cáp hàng, chúng tôi sử dụng các thiết bị đo như sau:

TT	Tên thiết bị (dụng cụ)	Ký hiệu	Nước sản xuất	Số lượng	Ghi chú
1	Máy đo đa kênh đồng bộ cùng phần mềm xử lý	SDA- 830 C (digital dynamic strain meter)	Mỹ	01 chiếc	Tổng số kênh cho 1 máy 8 kênh
2	Đầu đo lực kéo. Lực kéo Q=10 Tấn	Load cell: U-1 C	Hãng BHL Electronic (Mỹ)	01 chiếc	
3	Đầu đo lực kéo. Lực kéo Q= 20 Tấn	Load cell:	Hãng BONGSHIN- Mỹ	01 chiếc	
4	Máy vi tính		Trung Quốc	01 chiếc	
5	Mã lý treo cáp	Đường kính ϕ 22	Nhật Bản	10 chiếc	Chịu được tải trọng Q= 8 Tấn
6	Khóa cáp	Đường kính cấp ϕ 16	Nhật Bản	16 chiếc	

Các thiết bị trên của Trung tâm Đào tạo thực hành và chuyển giao công nghệ GTVT thuộc Trường Đại học GTVT đã được kiểm chuẩn và thường xuyên sử dụng với độ tin cậy cao.

Sau đây là một số hình ảnh về thiết bị đo và cách bố trí đầu đo lực trên kết cấu thực.



Hình 3: Đầu đo lực BONGSHIN và bộ xử lý số liệu SDA-810C



Hình 4: Bố trí 2 đầu đo lực tại hiện trường

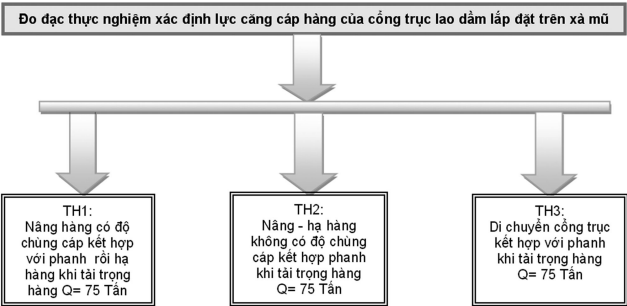
2.3. Mục đích thí nghiệm và các trường hợp đo đặc thực nghiệm

2.3.1. Mục đích thí nghiệm

- Nghiên cứu qui luật biến thiên của lực căng cáp theo thời gian trong mỗi trường hợp làm việc khác nhau của cổng trực, từ đó xác định các giá trị lực căng cáp lớn nhất và nhỏ nhất ứng với mỗi trường hợp, đồng thời đưa ra được các hệ số tải trọng động tương ứng.

2.3.2. Các trường hợp đo

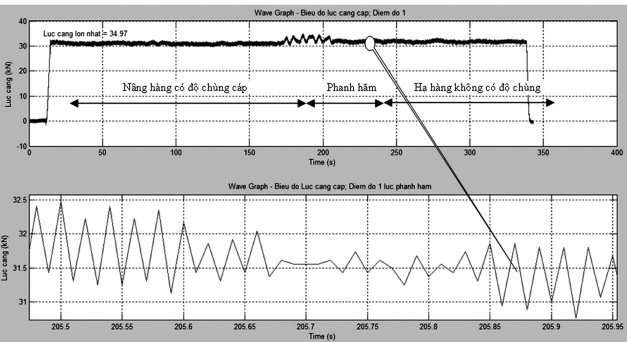
Quá trình đo đặc, thực nghiệm được tiến hành theo sơ đồ khối sau:



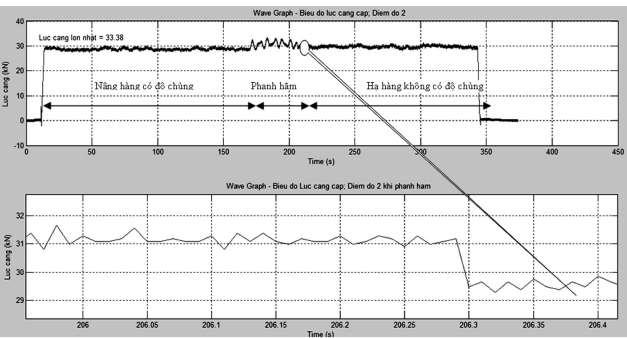
Hình 5: Sơ đồ thể hiện các trường hợp đã tiến hành thực nghiệm

2.4. Kết quả thực nghiệm

2.4.1. Trường hợp nâng hàng kết hợp với phanh rồi hạ hàng khi có độ chùng cáp



Hình 6: Lực căng cáp ứng khi nâng hàng có độ chùng cáp kết hợp với phanh rồi hạ hàng tại đầu đo 1



Hình 7: Lực căng cáp ứng khi nâng hàng có độ chùng cáp kết hợp với phanh rồi hạ hàng tại đầu đo 2

- Từ kết quả đo đặc được mô tả trên Hình 6 và Hình 7 chúng ta thấy quá trình nâng - hạ hàng diễn ra như sau: Hàng (dầm Super-T) đang được để dưới mặt đất, cáp đang bị chùng (không có lực căng cáp) tương ứng với vị trí lực căng $F_c = 0$. Sau đó điều khiển cụm tời nâng để cuốn dẫn cáp vào trong tang cho đến khi hết độ trùng cáp thì lực căng trong nhánh cáp bắt đầu

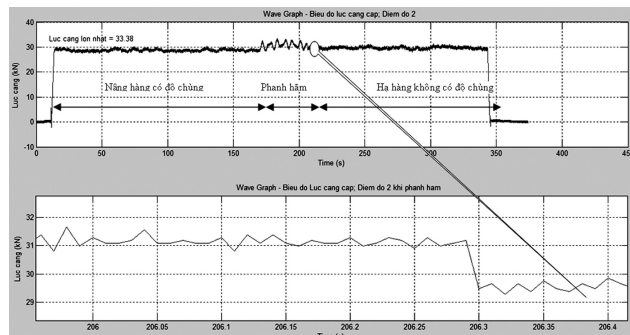
xuất hiện và dần dần tăng lên từ $F_c = 0$ đến $F_c = 31,8$ KN (đầu đo 1) và $F_c = 29,66$ KN (đầu đo 2), lúc này trong nhánh cáp đã xuất hiện lực căng xấp xỉ bằng lực căng tĩnh, tiếp tục kéo hàng chuyển động lên trên trong khoảng thời gian 180 (s) thì lực căng cáp không thay đổi, sau đó tiến hành đóng phanh trong khoảng thời gian 35 (s) lực căng cáp tăng lên ứng với giá trị lớn nhất $F_c = 34,97$ KN (đầu đo 1) và $F_c = 33,38$ KN (đầu đo 2). Tiến hành mở phanh để hạ hàng xuống thì lực căng cáp giảm dần về giá trị ban đầu, sau đó tiếp tục hạ hàng xuống thì lực căng cáp không thay đổi mà chỉ dao động quanh giá trị $F_c = 31,8$ KN (đầu đo 1) và $F_c = 29,66$ KN (đầu đo 2). Khi vật bắt đầu chạm mặt đất thì lực căng cáp giảm nhanh trở về giá trị $F_c = 0$.

Nhận xét:

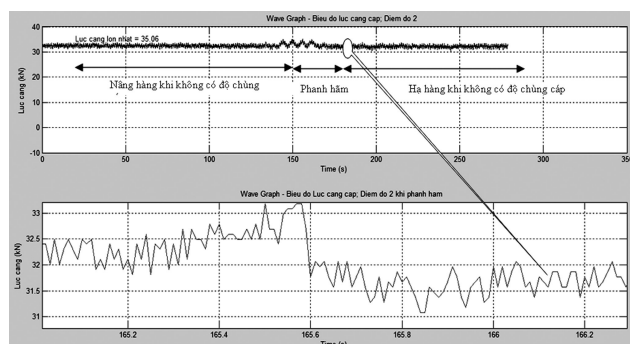
- Lực căng cáp động lớn nhất xuất hiện ngay khi tiến hành đóng phanh để giữ hàng, giá trị lớn nhất tại đầu đo 1 là $F_c = 34,97$ KN và tại đầu đo 2 là $F_c = 31,8$ KN.
- Giá trị lực căng cáp khi đo đặc thực nghiệm tại hai đầu đo có giá trị khác nhau và lớn hơn so với lực căng tĩnh tính toán theo lý thuyết $F_c = 31,25$ KN.
- Hệ số động khi phanh hãm xuất hiện tại nhánh cáp treo đầu đo 1 là $k_d = 1,119$ và tại đầu đo 2 là $k_d = 1,068$.

2.4.2. Trường hợp nâng - hạ hàng kết hợp với phanh khi không có độ chùng cáp

Từ kết quả đo đặc được mô tả trên Hình 8 và Hình 9 chúng ta thấy quá trình nâng - hạ hàng diễn ra như sau: Hàng (dầm Super-T) đã được treo lên cách khỏi mặt đất một đoạn nhất định trong các nhánh cáp đã xuất hiện lực căng $F_c = 33,25$ KN (đầu đo 1) và $F_c = 33,19$ KN (đầu đo 2), sau đó tiếp tục kéo hàng chuyển động lên phía trên lúc này lực căng cáp không thay



Hình 8: Lực căng cáp ứng với trường hợp nâng - hạ hàng và phanh hãm khi không có độ chùng cáp tại đầu đo 1



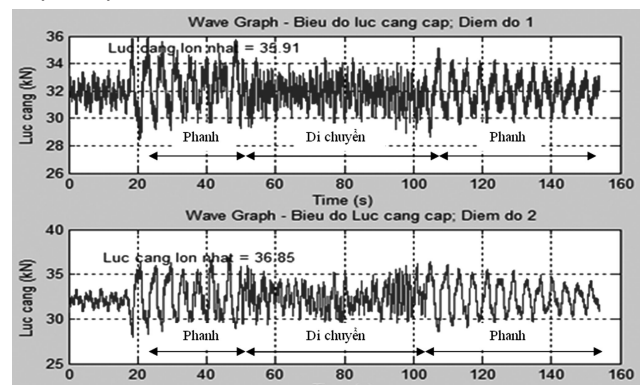
Hình 9: Lực căng cáp ứng với trường hợp nâng - hạ hàng và phanh hãm khi không có độ chùng cáp tại đầu đo 2

đổi mà chỉ dao động xung quanh giá trị lực căng ban đầu, tiến hành đóng phanh để treo giữ hàng tại một vị trí nhất định, khi đó lực căng cáp tăng lên đạt giá trị lớn nhất $F_c = 35,28$ KN (đầu đo 1) và $F_c = 35,06$ KN (đầu đo 2), sau khi phanh khoảng thời gian 35 (s) thì lực căng cáp giảm dần tới giá trị ban đầu $F_c = 33,25$ KN (đầu đo 1) và $F_c = 33,19$ KN (đầu đo 2), tiến hành mở phanh để hạ dần hàng xuống thì giá trị lực căng cáp không tăng mà chỉ dao động quanh giá trị lực căng ban đầu.

Nhận xét:

- Lực căng cáp động lớn nhất xuất hiện ngay khi tiến hành đóng phanh để giữ hàng, giá trị lớn nhất tại đầu đo 1 là $F_c = 35,28$ KN và tại đầu đo 2 là $F_c = 35,06$ KN.
- Giá trị lực căng cáp khi đo đặc thực nghiệm tại hai đầu đo có giá trị khác nhau và lớn hơn so với lực căng tĩnh tính toán theo lý thuyết $F_c = 31,25$ KN.
- Hệ số động khi phanh hãm xuất hiện tại nhánh cáp treo đầu đo 1 là $k_d = 1,1289$ và tại đầu đo 2 là $k_d = 1,121$.

2.4.3. Trường hợp di chuyển cổng trục có hàng kết hợp với phanh



Hình 10: Lực căng cáp ứng với trường hợp treo hàng di chuyển cổng trục và phanh hãm cổng trục

Từ kết quả đo đặc được mô tả trên Hình 10 chúng ta thấy quá trình di chuyển của cổng trục diễn ra như sau: Hàng được để trên mặt đất sau đó sẽ được nâng dần lên tới độ cao lớn nhất lúc này lực căng cáp bằng với lực căng tĩnh $F_c = 31,25$ KN, treo vật nâng tại vị trí trên và cho cổng trục di chuyển lúc này lực căng trong nhánh cáp bắt đầu thay đổi và dao động quanh giá trị lực cân bằng tĩnh. Khi phanh hãm cổng trục tương ứng với thời gian 60(s) thì lực căng cáp cũng thay đổi.

$F_c = 35,91$ KN tại đầu đo 1 và $F_c = 36,85$ KN tại đầu đo 2. Tiếp tục cho cổng trục di chuyển thì lực căng cáp cũng thay đổi và dao động quanh giá trị lực cân bằng tĩnh.

Nhận xét:

- Lực căng cáp động thay đổi ngay khi cổng trục di chuyển. Giá trị dao động quanh giá trị lực căng tĩnh $F_c = 31,25$ KN.

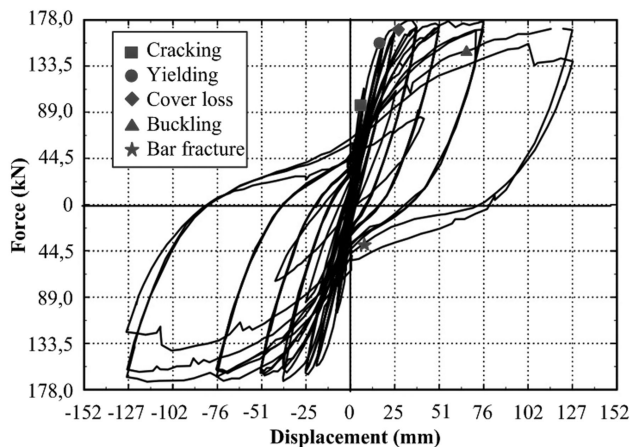
- Lực căng cáp động lớn nhất xuất hiện ngay khi mở phanh để di chuyển cổng trục. Giá trị lớn nhất tại đầu đo 1 là $F_c = 35,91$ KN và tại đầu đo 2 là $F_c = 36,85$ KN.

- Lực căng cáp tại hai đầu đo có giá trị khác nhau, giá trị lớn nhất tại đầu đo 1 là $F_c = 35,91$ KN và tại đầu đo 2 là $F_c = 36,85$ KN.

- Hệ số động khi phanh hãm cổng trục xuất hiện tại nhánh cáp treo đầu đo là $k_d = 1,179$.

(Xem tiếp trang 30)

Đường cong quan hệ giữa lực cắt đáy và chuyển vị đỉnh của mô hình được thể hiện ở Hình 10. So với kết quả thí nghiệm (Hình 9), mô hình mô phỏng đã thể hiện khá chính xác các điểm cực trị cũng như các vòng lặp trễ. Mô hình dự đoán khá chính xác các điểm bắt đầu nứt, điểm chảy và điểm bắt đầu vỡ lớp bê tông bảo vệ. Mô hình phân tích cũng thể hiện được ảnh hưởng của hiệu ứng thắt đến phản ứng của kết cấu trụ cầu BTCT chịu tải trọng lặp.



Hình 10: Kết quả mô phỏng bằng phần mềm OpenSees

4. Kết luận

Việc sử dụng phương pháp mô phỏng thông qua phần mềm OpenSees để phân tích, đánh giá ứng xử của kết cấu trụ cầu BTCT cho kết quả khá phù hợp với kết quả thực nghiệm. Mô hình PTHH đạt được sự

chính xác nhờ có xét đến tính phi tuyến vật liệu, cũng như xét đến một số đặc trưng của ứng xử phi tuyến đối với trụ cầu BTCT chịu tải trọng lặp. Việc sử dụng phần tử chia thớ theo mặt cắt ngang của kết cấu giúp chương trình tính toán trở nên đơn giản hơn □

Tài liệu tham khảo

- [1]. S. Wan, C.-H. Loh, S.Y. Peng (2001), *Experimental and theoretical study on softening and pinching effects of bridge column*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 21, pp. 75–81.
- [2]. Shunsuke Otani (1980), *Nonlinear dynamic analysis of reinforced concrete building structures*, Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 7, pp. 333–344.
- [3]. Nguyễn Lê Ninh (2007), *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*, NXB. Xây dựng.
- [4]. Lehman D.E., Moehle J.P. (1998), *Seismic Performance of well-confined concrete bridge columns*, University of California, Berkeley, PEER Report: 98-01.
- [5]. McKenna, F., Fenves, G. L., Scott, M. H., and Jeremic, B. (2000), *Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSees)*, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA.
- [6]. Kent, D.C and Park, R. (1971), *Flexural Members with Confined Concrete*, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, No. ST7, July, 1971, p. 1969–1990.

Ngày nhận bài: 27/4/2014

Ngày chấp nhận đăng: 9/5/2014

Người phản biện: TS. Nguyễn Xuân Huy
TS. Lê Minh Cường

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM...

(Tiếp theo trang 22)

3. Kết luận

- Hệ số động khi phanh hãm cổng trục xuất hiện tại nhánh cáp treo đầu đo là $k_d \approx 1,1$, hệ số này trong thực tế có thể lớn hơn vì khi thực nghiệm ta bố trí đầu đo tại nhánh cáp cuối cùng của cụm tời nâng. Vì vậy, do lực cản ma sát giữa cáp với cụm puli, do bội suất của cáp ($z = 12$) nên vận tốc di chuyển của cáp đã giảm đi nhiều.

- Trong trường hợp nâng hàng có độ chùng cáp và nâng hàng không có độ chùng cáp thì lực căng cáp động tại vị trí cân bằng thực tế đều lớn hơn lực căng tính toán theo lý thuyết $F_c = 31,25$ KN là do trong quá trình nâng nên còn phải kể đến lực ma sát tại các cụm pully và độ cứng của cáp khi đi qua các puli.

- Đặc điểm của dầm cầu bê tông là rất dài ($L_d = 38$ m) và được treo chỉ ở hai đầu, vì vậy khi cổng trục di chuyển cùng với hàng thì giá trị lực căng cáp có thay đổi và lực căng cáp ở hai đầu đo cũng khác nhau là do quá trình phanh hãm cổng trục làm cho hàng bị dao động theo cả phương ngang và phương dọc do đó áp lực của hàng lên các nhánh cáp sẽ khác nhau.

- Cổng trục lắp đặt trên xà mũ thường xuyên làm việc với tải trọng hàng nâng định mức ($G = 75$ tấn), trong quá trình làm việc thường phải thực hiện thao tác phanh khi nâng - hạ hàng, phanh khi di chuyển toàn bộ cổng trục cùng với hàng do đó để giảm ảnh hưởng của tải trọng động tác dụng lên kết cấu thì cần phải thiết kế cụm tời nâng và bộ di chuyển có cơ cấu điều

khiển mềm (có thể sử dụng biến tần để điều khiển các động cơ nâng - hạ và động cơ di chuyển cổng trục) □

Tài liệu tham khảo

- [1]. TS. Trần Văn Chiến, *Động lực học máy trục*, NXB. Hải Phòng, 2005.
- [2]. PGS. TS. Nguyễn Văn Vịnh, *Động lực học MXD-XD*, Bài giảng - Trường Đại học GTVT, 2004.
- [3]. PGS. TS. Nguyễn Văn Vịnh, ThS. Nguyễn Văn Truyền, *Nghiên cứu thực nghiệm xác định các thông số cơ bản của bộ công tác khoan cọc nhồi lắp trên cần trục bánh xích*, Tạp chí GTVT - tháng 3/2013.
- [4]. PGS. TS. Nguyễn Văn Vịnh, ThS. Nguyễn Hữu Chí, KS. Nguyễn Ngọc Trung, *Nghiên cứu thực nghiệm xác định lực căng cáp động trong cáp hàng của cần trục trên hệ cần trục - phao nổi*, Tạp chí GTVT, số 27, tháng 09/2009.
- [5]. PGS. TS. Nguyễn Văn Hợp, ThS. Phạm Thị Nghĩa, TS. Lê Thiện Thành, *Máy trục vận chuyển*, NXB. GTVT, Hà Nội, 2000.
- [6]. PTS. Trương Quốc Thành, PTS. Phạm Quang Dũng, *Máy và thiết bị nâng*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
- [7]. Phan Văn Tuấn - Bùi Thanh Danh, *Hồ sơ thiết kế cổng trục long môn*, Công ty cổ phần sản xuất - thương mại Đại Dương.

Ngày nhận bài: 10/4/2014

Ngày chấp nhận đăng: 29/4/2014

Người phản biện: TS. Nguyễn Đình Tứ
PGS. TS. Nguyễn Bình