

Tính toán phân bố tải trọng lên các cầu khi nâng hạ và lật hàng trong trường hợp cầu song song

■ TS. PHẠM TRỌNG HÒA

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Đánh giá rủi ro khi sử dụng hai cầu song song để nâng hạ các cấu kiện, đặc biệt là các cấu kiện nặng, kích thước lớn là một trong những yêu cầu bắt buộc trong công tác an toàn khi thi công lắp dựng. Trên cơ sở xây dựng sơ đồ nâng hạ và lật hàng khi cầu song song, các mô hình toán xác định phân bố tải trọng hàng nâng lên các cầu được thiết lập. Các kết quả tính toán cho thấy sự phân bố tải trọng hàng nâng lên các cầu thay đổi tùy theo kích thước hình học của hàng nâng, vị trí móc cáp và góc lật hàng.

TỪ KHÓA: Cầu hàng song song, an toàn nâng hạ, phân bố tải trọng nâng, cần trục, nâng hạ.

ABSTRACT: Assessment of the tandem lift, particularly for the heavy lift is the mandatory of safety request in the lifting process. Based on the lifting sketches when lifting, unloading and tandem lift, the mathematical models have been built. The results point out that the lifting force distribution on each crane will change according to the change of the position of the lugs as well as the inclination angle when lifting.

KEYWORDS: Tandem lift, lifting safety, lifting force distribution, crane, lifting.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mất an toàn trong công tác nâng hạ, đặc biệt khi nâng hạ các cấu kiện siêu trường siêu trọng, sẽ gây ra những thiệt hại lớn về vật chất và con người. Theo [1], có đến 38% số vụ tai nạn cần trục xảy ra trong quá trình làm việc và 31% xảy ra khi tháo lắp và chằng buộc các bộ phận cầu và hàng hóa. Những rủi ro càng lớn khi các mã hàng có kích thước, trọng lượng lớn và phải sử dụng hai cầu để song song nâng hạ và lật hàng, đặc biệt là trong điều kiện sử dụng các cần trục đã qua sử dụng để thi công, lắp đặt các công trình lớn tại nước ta như hiện nay.

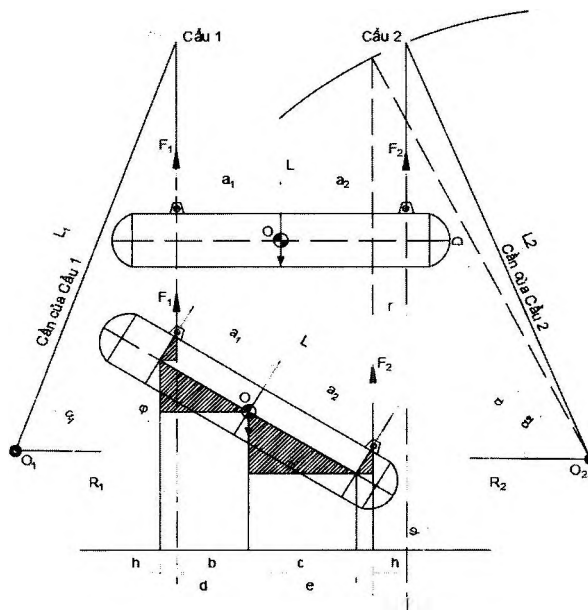
Cần trục là một trong những loại máy đóng một vai trò quan trọng trong công tác nâng hạ [2,3]. Trước khi triển khai công tác nâng hạ ngoài hiện trường thì chúng ta cần phải xây dựng được biện pháp thi công, đánh giá an toàn và rủi ro [4]. Để làm được điều đó thì việc xác định chính xác tải trọng tác dụng lên cầu trong quá trình làm việc là rất cần thiết [5,6].

Sử dụng hai cầu để nâng hạ và lật hàng rất phổ biến tại các công trình xây dựng, đặc biệt là với các mã hàng siêu trường siêu trọng. Việc nghiên cứu, tính toán và phân tích phân bố lực của hàng nâng tác dụng lên các cầu khi tiến hành cầu song song là cần thiết, nó là cơ sở để tiến hành lựa chọn loại cầu phù hợp và phục vụ công tác lập kế hoạch, biện pháp, phân tích an toàn và đánh giá các rủi ro khi nâng hạ hàng. Các kết quả tính toán trong bài báo cho thấy phân bố tải trọng lên các cầu khi cầu song song là rất khác nhau và thay đổi tùy thuộc vào kết cấu của hàng nâng. Đặc biệt, trong trường hợp lật hàng thì với cùng một mã hàng nâng, tải phân bố lên cầu sẽ thay đổi đồng thời với sự thay đổi của bán kính làm việc theo góc lật hàng, qua đó ảnh hưởng đến vấn đề an toàn của cầu khi làm việc.

2. NỘI DUNG

2.1. Sơ đồ nâng hạ và lật hàng khi cầu song song

Trên thực tế, do đặc điểm về hình dáng, kết cấu và chế tạo các vị trí móc cáp làm cho trọng tâm của các hàng thường không nằm chính giữa hai vị trí móc cầu. Sự sai khác về khoảng cách từ vị trí móc cáp đến vị trí trọng tâm của hàng nâng sẽ làm cho phân bố lực tác dụng lên các cáp nâng là khác nhau. Sơ đồ tính toán phân bố lực tác dụng trong nâng hạ và lật hàng được thể hiện trên Hình 2.1.



Hình 2.1: Sơ đồ tính toán phân bố tải trọng khi cầu song song



2.2. Phân bố tải trọng khi nâng hạ hàng

Xét trường hợp sử dụng hai cầu (cầu số 1 và cầu số 2) để nâng hạ hàng rồi lật hàng như trên Hình 2.1. Trong đó, cầu số 1 được gọi là cầu chính, cầu số 2 gọi là cầu phụ. Trọng lượng của mã hàng cần nâng là Q (tấn). Trọng lượng của vật nâng phân bố lên các móc cầu khi nâng hạ hàng được tính như sau:

$$F_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} Q \tag{1}$$

$$F_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} Q \tag{2}$$

2.3. Phân bố tải trọng khi lật hàng

Trong công tác lắp đặt thì lật hàng là một trong những khâu quan trọng và phổ biến vì không phải lúc nào các cấu kiện cũng đúng vị trí như vị trí để lắp đặt. Để lật được hàng người ta sử dụng hai cầu đầu song song. Sơ đồ tính toán tải trọng phân bố lên hai móc cầu khi lật hàng như trên Hình 2.1. Dựa vào mối quan hệ giữa các thành phần lực, chúng ta có thể xác định được lực phân bố lên cầu chính (F₁) và cầu phụ (F₂) thay đổi theo góc lật hàng φ như sau:

$$F_1 = \frac{Q(a_2 \cos \varphi + (D/2) \sin \varphi)}{L \cos \varphi} \tag{3}$$

$$F_2 = \frac{Q(a_1 \cos \varphi - (D/2) \sin \varphi)}{L \cos \varphi} \tag{4}$$

Bán kính làm việc số 1 được giữ nguyên trong suốt quá trình cầu lật hàng, R₁ = const, trong khi đó thì bán kính làm việc của cầu phụ số 2 (R₂) sẽ tăng dần lên phụ thuộc vào góc lật hàng φ và được xác định như sau:

$$R_2 = L_2 \cos \alpha + (L - 0.5) \tag{5}$$

Trong đó: L₂ - Chiều dài của cần cầu phụ số 2; α - Góc nghiêng ban đầu của cần cầu phụ; L - Khoảng cách hai vị trí móc cáp; 0,5 - Khoảng cách an toàn cần thiết giữa cần của cầu chính và cầu phụ khi lật hàng (m). Các thông số chạy chương trình tính toán như trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Các thông số tính toán

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Trọng lượng hàng nâng	Q	60	tấn
Khoảng cách hai điểm móc cầu	L	10,000	mm
Khoảng cách từ điểm móc cầu chính đến tâm hàng	a ₁	thay đổi	mm
Khoảng cách từ điểm móc cầu phụ đến tâm hàng	a ₂	thay đổi	mm
Chiều cao của hàng	D	800	mm

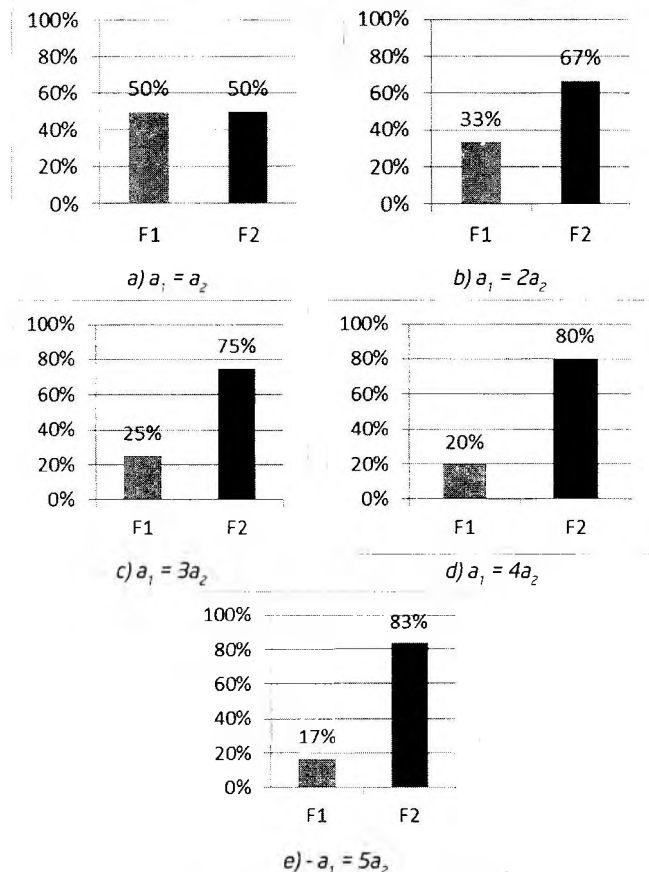
3. KẾT QUẢ TÍNH VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân bố tải trọng lên các cầu khi nâng hạ

Kết quả tính toán phân bố tải trọng hàng nâng lên cầu chính và cầu phụ tương ứng với các vị trí móc cáp khác nhau được thể hiện như trên Hình 3.1. Chúng ta thấy, khi khoảng cách từ móc cầu chính số 1 đến tâm hàng càng lớn thì lực phân bố lên cầu chính càng nhỏ và ngược lại thì lực phân bố lên cầu phụ số 2 càng lớn. Mức độ phân

bố tùy thuộc vào mối quan hệ giữa a₁ và a₂. Khi a₁ = a₂ thì tải trọng hàng phân bố đều lên hai cầu (50% - 50%), nhưng khi a₁ = 5a₂ thì tải trọng hàng phân bố lên cầu chính giảm xuống chỉ còn 17%, trong khi đó tải trọng hàng nâng phân bố lên cầu phụ số 2 tăng lên đến 83%.

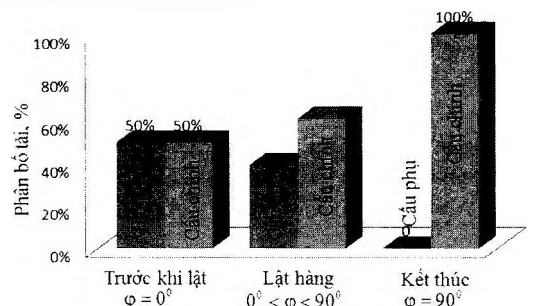
Trường hợp	F ₁ (tấn)	F ₂ (tấn)
a ₁ = a ₂	50%	50%
a ₁ = 2a ₂	33%	67%
a ₁ = 3a ₂	25%	75%
a ₁ = 4a ₂	20%	80%
a ₁ = 5a ₂	17%	83%



Hình 3.1: Phân bố tải trọng lên hai cầu ứng với các vị trí móc cáp khác nhau

3.2. Phân bố tải trọng lên các cầu khi lật hàng

Quá trình lật hàng được chia làm ba giai đoạn: giai đoạn trước khi lật, giai đoạn lật hàng và giai đoạn sau khi lật hàng như trên Hình 3.2.



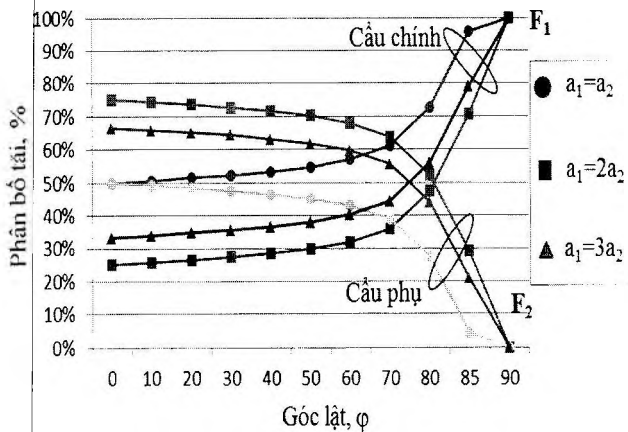
Hình 3.2: Ba giai đoạn khi lật hàng

Trước khi lật hàng thì tải trọng phân bố đều 50% cho cầu chính và 50% tải trọng hàng cho cầu phụ. Khi quá trình lật hàng bắt đầu thì tải trọng phân bố lên cầu chính bắt đầu tăng lên, trong khi đó tải trọng hàng phân bố lên cầu phụ bắt đầu giảm đi. Mức độ giảm phụ thuộc vào góc lật hàng φ . Khi kết thúc quá trình lật hàng thì tải trọng hàng phân bố 100% lên cầu chính, trong khi đó cầu phụ không còn chịu tác dụng của tải hàng nâng. Các kết quả tính toán tải trọng hàng phân bố lên cầu chính và cầu phụ khi lật hàng ứng với các góc lật hàng khác nhau cho các trường hợp khác nhau của a_1 và a_2 được trình bày như trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Phân bố tải trọng khi lật hàng

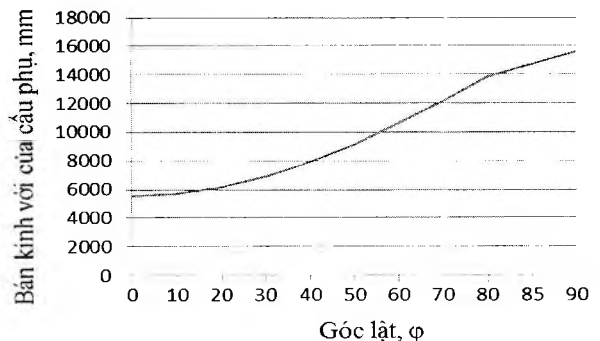
Góc lật φ	Phân bố tải trọng hàng lên cầu chính và cầu phụ khi lật hàng											
	$a_1 = a_2$				$a_1 = 2a_2$				$a_1 = 3a_2$			
	F_1	% F_1	F_2	% F_2	F_1	% F_1	F_2	% F_2	F_1	% F_1	F_2	% F_2
0	30,00	50%	30,00	50%	20,00	33%	40,00	67%	15,00	25%	45,00	75%
10	30,42	51%	29,58	49%	20,42	34%	39,58	66%	15,42	26%	44,58	74%
20	30,87	51%	29,13	49%	20,87	35%	39,13	65%	15,87	26%	44,13	74%
30	31,39	52%	28,61	48%	21,39	36%	38,61	64%	16,39	27%	43,61	73%
40	32,01	53%	27,99	47%	22,01	37%	37,99	63%	17,01	28%	42,99	72%
50	32,86	55%	27,14	45%	22,86	38%	37,14	62%	17,86	30%	42,14	70%
60	34,16	57%	25,84	43%	24,16	40%	35,84	60%	19,16	32%	40,84	68%
70	36,59	61%	23,41	39%	26,59	44%	33,41	56%	21,59	36%	38,41	64%
80	43,61	73%	16,39	27%	33,61	56%	26,39	44%	28,61	48%	31,39	52%
85	57,42	96%	2,58	4%	47,42	79%	12,58	21%	42,42	71%	17,58	29%
90	98,00	163%	0,00	0%	98,00	163%	0,00	0%	98,00	163%	0,00	0%

Sự thay đổi của phân bố tải trọng theo góc lật hàng tương ứng với ba trường hợp khảo sát được thể hiện như trên đồ thị *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Sự thay đổi của tải trọng phân bố lên cầu chính và cầu phụ khi tiến hành lật hàng

Dựa vào kết quả tính trong *Bảng 3.1* và đồ thị *Hình 3.3* chúng ta thấy rằng, trong tất cả các trường hợp khi tiến hành lật hàng thì tải trọng phân bố lên cầu chính tăng dần theo góc lật hàng φ và ngược lại, với cầu phụ là tải trọng hàng phân bố lên cầu phụ sẽ giảm đi khi góc lật hàng tăng lên. Bán kính làm việc của cầu chính được giữ nguyên khi lật hàng, trong khi đó bán kính của cầu phụ tăng dần lên theo góc lật hàng. Khi nâng hạ thì chiều dài của cần không được phép tăng giảm, do đó để thay đổi bán kính làm việc thì người ta tiến hành điều chỉnh góc nghiêng của cần. Bán kính làm việc của cầu phụ (R_2) thay đổi theo góc lật hàng được thể hiện như trên *Hình 3.4*. Các kết quả tính toán này sẽ là cơ sở cho việc lựa chọn cầu chính và cầu phụ.



Hình 3.4: Bán kính làm việc của cầu phụ (R_2) thay đổi theo góc lật hàng

3.3. Lựa chọn cầu chính và cầu phụ

- Nâng hạ hàng: Dựa vào các kết quả tính toán phân bố tải trọng lên các cầu như trong mục 3.1, chúng ta có thể dễ dàng lựa chọn được cầu chính và cầu phụ khi hạ hàng bằng cách so sánh tải trọng phân bố lên các cầu với tải trọng nâng cho phép của cầu đó tại bán kính làm việc.

- Lật hàng: Do trong quá trình lật hàng thì bán kính làm việc của cầu chính là không đổi, do đó việc lựa chọn cầu chính chỉ cần quan tâm đến tải trọng nâng lớn nhất ở bán kính làm việc. Nói cách khác, cầu chính được chọn phải có đủ khả năng nâng được toàn bộ trọng lượng của hàng nâng với hệ số an toàn cho phép. Việc lựa chọn cầu phụ số 2 thì phức tạp hơn, do trong quá trình lật hàng thì đồng thời với việc tải trọng phân bố của hàng tác dụng lên cầu phụ giảm, thì bán kính làm việc lại tăng lên khi góc lật hàng tăng. Bán kính làm việc tăng lên đồng nghĩa với khả năng nâng cho phép của cầu phụ sẽ giảm đi. Điều đó dẫn đến việc lựa chọn cầu phụ phức tạp hơn so với cầu chính. Nói cách khác, chúng ta cần phải xây dựng được bảng ma trận hệ số an toàn cho các loại cầu làm cơ sở lựa chọn cầu phụ.



Bảng 3.2. Ma trận hệ số an toàn K_{at} cho cầu phụ khi $a_1 = a_2$

Góc lật φ	$a_1 = a_2$		Loại cầu phụ (0 - Không thỏa mãn điều kiện nâng; 1 - Thỏa mãn)									
	R_2 (mm)	F_2 (tấn)	Tadano 50T	XCMG 70T	Sany 80T	Sany 100T	Sany 120T	GMK 130T	LTM 160T	AC 180T	ATF 200T	
0	5579	30,00	0,90	1,40	1,20	1,50	2,10	1,73	2,80	3,23	4,33	
10	5731	29,58	0,85	1,35	1,22	1,49	2,06	1,66	2,70	2,91	4,02	
20	6182	29,13	0,79	1,17	1,10	1,37	2,06	1,58	2,61	2,82	3,50	
30	6919	28,61	0,66	0,94	0,98	1,33	1,68	1,43	2,45	2,62	3,01	
40	7919	27,99	0,50	0,82	0,89	1,07	1,57	1,32	2,25	2,32	2,64	
50	9151	27,14	0,43	0,70	0,81	0,85	1,47	1,25	2,06	2,03	2,39	
60	10579	25,84	0,37	0,62	0,62	0,70	1,32	1,20	1,93	1,78	1,97	
70	12159	23,41	0,29	0,51	0,56	0,51	1,24	1,11	1,71	1,50	1,97	
80	13842	16,39	0,34	0,61	0,61	0,61	1,34	1,46	2,20	1,95	2,20	
85	14707	2,58	1,86	3,49	3,49	3,49	7,75	8,52	12,78	10,85	13,17	
Nâng hạ hàng			0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Lật hàng			0	0	0	0	1	1	1	1	1	

Bảng 3.3. Ma trận hệ số an toàn K_{at} cho cầu phụ khi $a_1 = 2a_2$

Góc lật φ	$a_1 = 2a_2$		Loại cầu phụ (0 - Không thỏa mãn điều kiện nâng; 1 - Thỏa mãn)									
	R_2 (mm)	F_2 (tấn)	Tadano 50T	XCMG 70T	Sany 80T	Sany 100T	Sany 120T	GMK 130T	LTM 160T	AC 180T	ATF 200T	
0	5579	40,00	0,68	1,05	1,09	1,13	1,58	1,30	2,10	2,43	3,25	
10	5731	39,58	0,63	1,01	1,03	1,11	1,54	1,24	2,02	2,17	3,01	
20	6182	39,13	0,59	0,87	0,82	1,02	1,53	1,18	1,94	2,10	2,61	
30	6919	38,61	0,49	0,70	0,73	0,98	1,24	1,06	1,81	1,94	2,23	
40	7919	37,99	0,37	0,61	0,66	0,79	1,16	0,97	1,66	1,71	1,95	
50	9151	37,14	0,32	0,51	0,59	0,62	1,08	0,92	1,51	1,48	1,75	
60	10579	35,84	0,27	0,45	0,45	0,50	0,95	0,86	1,39	1,28	1,42	
70	12159	33,41	0,20	0,36	0,39	0,36	0,87	0,78	1,20	1,05	1,38	
80	13842	26,39	0,21	0,38	0,38	0,38	0,83	0,91	1,36	1,21	1,36	
85	14707	12,58	0,38	0,72	0,72	0,72	1,59	1,75	2,62	2,23	2,70	
Nâng hạ hàng			0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Lật hàng			0	0	0	0	0	0	1	1	1	

Bảng 3.4. Ma trận hệ số an toàn K_{at} cho cầu phụ khi $a_1 = 3a_2$

Góc lật φ	$a_1 = 3a_2$		Loại cầu phụ (0 - Không thỏa mãn điều kiện nâng; 1 - Thỏa mãn)									
	R_2 (mm)	F_2 (mm)	Tadano 50T	XCMG 70T	Sany 80T	Sany 100T	Sany 120T	GMK 130T	LTM 160T	AC 180T	ATF 200T	
0	5579	45,00	0,60	0,93	0,80	0,99	1,40	1,16	1,87	2,16	2,89	
10	5731	44,58	0,56	0,90	0,81	0,99	1,37	1,10	1,79	1,93	2,67	
20	6182	44,13	0,52	0,77	0,73	0,91	1,36	1,04	1,72	1,86	2,31	
30	6919	43,61	0,44	0,62	0,64	0,87	1,10	0,94	1,60	1,72	1,97	
40	7919	42,99	0,33	0,54	0,58	0,70	1,02	0,86	1,47	1,51	1,72	
50	9151	42,14	0,28	0,45	0,52	0,55	0,95	0,81	1,33	1,31	1,54	
60	10579	40,84	0,23	0,39	0,39	0,44	0,83	0,76	1,22	1,13	1,25	
70	12159	38,41	0,18	0,31	0,34	0,31	0,76	0,68	0,95	0,91	1,20	
80	13842	31,39	0,18	0,32	0,32	0,32	0,70	0,76	1,15	1,02	1,15	
85	14707	17,58	0,27	0,51	0,51	0,51	1,14	1,25	1,88	1,59	1,93	
Nâng hạ hàng			0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Lật hàng			0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Để xây dựng được bảng ma trận hệ số an toàn thì từ các kết quả tính toán bán kính làm việc R_2 và lực phân bố F_2 lên cầu phụ, căn cứ vào sức nâng lớn nhất cho phép của cầu ứng với bán kính làm việc R_2 , tiến hành so sánh tải trọng nâng cho phép với tải trọng hàng phân bố lên cầu phụ. Hệ số an toàn K_{at} là tỷ số giữa tải trọng nâng cho phép của cầu so với tải trọng của hàng nâng tại cùng một giá trị bán kính làm việc. Trong ví dụ tính toán này, nếu hệ số sử dụng tải K_{at} lớn hơn 1,0 thì cầu được coi là thỏa mãn điều kiện an toàn nâng hạ và ngược lại, nếu hệ số K_{at} nhỏ hơn 1,0 là không thỏa mãn. Lưu ý là hệ số an toàn được quy định rõ trong TCVN 4244, tuy nhiên, yêu cầu về giá trị của hệ số an toàn trên thực tế còn tùy theo loại mã hàng, kiểu công trình và mức an toàn cho phép tại mỗi dự án. Trong *Bảng 3.2*, *Bảng 3.3*, *Bảng 3.4* đưa ra các kết quả tính toán hệ số an toàn cho các loại cầu tương ứng với góc lật hàng khác nhau. Dựa vào *Bảng* ma trận hệ số an toàn này cho phép chúng ta lựa chọn cầu phụ cũng như đánh giá an toàn và rủi ro khi nâng hạ và lật hàng.

Nhìn vào kết quả tính toán như trong *Bảng 3.2* xét cho trường hợp $a_1 = a_2$, chúng ta thấy cầu Tadano 50 tấn không thỏa mãn điều kiện hạ hàng và cũng không thỏa mãn điều kiện lật hàng. Các cầu có sức nâng từ 70 tấn đến 100 tấn thì có đủ khả năng để hạ hàng nhưng không thể sử dụng để lật hàng. Các loại cầu từ 120 tấn trở lên thỏa mãn cả hai điều kiện hạ hàng và lật hàng. Tuy nhiên, nếu tỷ số khoảng cách từ vị trí móc cáp đến tâm hàng thay đổi như trong *Bảng 3.3*, chúng ta thấy những loại cầu 120 tấn và 130 tấn trong trường hợp này lại không đáp ứng được điều kiện về lật hàng. Chỉ có các cầu có sức nâng từ 160 tấn trở lên mới đủ điều kiện lật hàng. Khi khoảng cách móc cáp của hai cầu tăng lên như trong *Bảng 3.4*. Lúc này, các cầu có sức nâng 160 tấn và 180 tấn có hệ số an toàn thỏa mã tại mọi vị trí ngoại trừ vị trí góc lật hàng 70° thì cả hai cầu không thỏa mãn hệ số an toàn, do đó nó không thỏa mãn điều kiện lật hàng. Nếu không tính toán và xây dựng được ma trận hệ số an toàn cho từng vị trí góc lật hàng mà tiến hành chọn cầu 160 tấn hoặc 180 tấn phục vụ công tác lật hàng thì sẽ mất an toàn và rất có thể xảy ra các rủi ro. Trong trường hợp này, chỉ có các cầu có sức nâng từ 200 tấn trở lên mới đáp ứng được điều kiện lật hàng an toàn. Các kết quả tính toán cho thấy việc lựa chọn cầu phụ là phức tạp hơn so với cầu chính vì bán kính làm việc và tải trọng phân bố lên cầu phụ thay đổi theo góc lật hàng.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau:

- Dựa trên việc thiết lập sơ đồ cầu song song và xây dựng mô hình toán, chúng ta tính toán sự thay đổi của tải trọng hàng nâng trong quá trình làm việc lên các cầu khi nâng hạ và lật hàng.
- Sự phân bố tải trọng hàng nâng trong trường hợp nâng hạ chủ yếu phụ thuộc vào trọng lượng của hàng nâng và khoảng cách từ vị trí móc cáp của hai cầu đến trọng tâm của hàng nâng. Vị trí móc cáp càng gần trọng tâm hàng nâng thì tải trọng phân bố lên cầu càng lớn và ngược lại.

Trong trường hợp vị trí móc cáp của hai cầu cách đều trọng tâm thì sự phân bố lực lên hai cầu là 50% - 50%.

- Sự thay đổi của phân bố tải trọng hàng nâng trong trường hợp lật hàng thì ngoài phụ thuộc vào trọng lượng hàng nâng và vị trí móc cáp thì nó còn phụ thuộc vào góc lật hàng. Hơn nữa, với cầu phụ thì ngoài sự thay đổi của tải trọng phân bố thì nó còn thay đổi bán kính làm việc khi lật hàng, vì vậy việc lựa chọn cầu phụ khi lật hàng cần phải được tính toán và xác định cẩn thận thông qua *Bảng* ma trận hệ số an toàn tính cho các góc lật hàng khác nhau.

Tài liệu tham khảo

- [1]. <http://towercranesupport.com>.
- [2]. Nguyễn Ngọc (2012), *Điện gió và quạt gió bơm nước*, NXB. Bách khoa.
- [3]. Bechtel (2002s), *Rigging handbook, 2nd edition*, United States of America.
- [4]. *European standard NF-EN 13000*, 2010.
- [5]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4244:2005 (2006), *Thiết bị nâng - thiết kế, chế tạo và kiểm tra kỹ thuật*, xuất bản lần 2.
- [6]. Phạm Trọng Hòa (2019), *Cơ sở lựa chọn thiết bị phục vụ lắp dựng turbine điện gió tại Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số tháng 7, tr.110-113.

Ngày nhận bài: 20/11/2021

Ngày chấp nhận đăng: 04/12/2021

**Người phản biện: TS. Nguyễn Thoại Anh
TS. Vũ Văn Trung**