

Tính toán, thiết kế kết cấu thép công trục dạng dầm hộp khẩu độ 46 m, tải trọng 80 tấn phục vụ đúc dầm bê tông cho các dự án cầu cạn

Calculation and design of steel structure of box girder gantry crane with span of 46 meters and load capacity of 80 tons for casting concrete beams for viaduct projects

> **TS BÙI THANH DANH**

Bộ môn Máy Xây dựng - Xếp dỡ, Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: danhdaiduong@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày tóm tắt các kết quả nghiên cứu, tính toán thiết kế công trục chuyên dùng phục vụ đúc dầm bê tông cho các dự án cầu cạn, từ đó đưa ra các đề xuất, giải pháp kỹ thuật thiết kế và khai thác thiết bị này.

Từ khóa: Thiết kế công trục, công trục chuyên dùng, thiết bị lao lắp dầm Super-T.

ABSTRACT

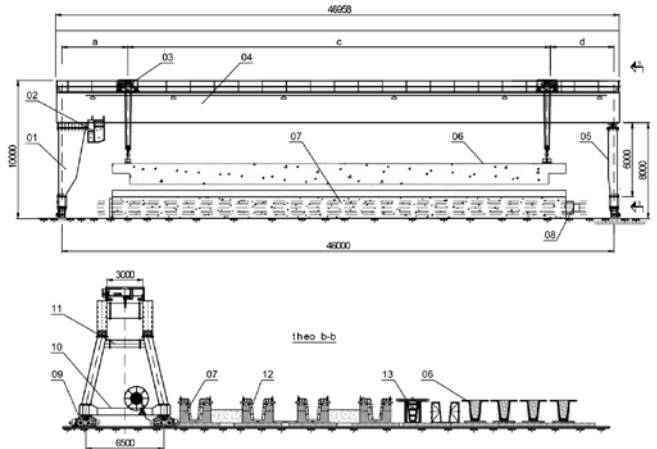
The article presents a summary of research results and calculations to design specialized gantry cranes to serve the casting of concrete beams for viaduct projects, from there proposals and technical solutions for the design and exploitation of this device are provided.

Keywords: Design gantry crane, specialized gantry cranes, equipments for installation Super-T girder.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay có nhiều phương pháp được sử dụng để đúc dầm bê tông Super-T, nhưng một trong những phương pháp mang lại hiệu quả cao (đáp ứng được tiến độ và chất lượng) đó là sử dụng công trục chuyên dùng dạng dầm hộp để thi công. Khi áp dụng loại công trục này vào thi công đúc dầm bê tông cho các công trình cầu cạn thì sẽ có nhiều ưu điểm: Có thể phục vụ đúc được nhiều dầm bê tông với khẩu độ khác nhau, bố trí được ở những địa hình thi công mà chiều dài bãi đúc dầm bị hạn chế, tiến độ thi công đòi hỏi nhanh, thuận tiện cho việc xếp dỡ dầm bê tông sau khi đúc tại bãi đúc và bốc xếp dầm lên phương tiện vận chuyển. Các tác giả [1, 2, 3]... cũng đã có các công bố nghiên cứu về tính toán kết cấu thép của công trục, tuy nhiên hiện nay chưa có công bố nào đề cập đến tính toán thiết kế công trục chuyên dùng cho đúc dầm bê tông Super-T. Do vậy, việc tính toán, thiết kế công trục loại này để áp dụng vào thi công đúc dầm bê tông cho các công trình cầu cạn trong thành phố ở Việt Nam là rất cần thiết. Để có thể thiết kế được thiết bị này, chúng ta cần phải hiểu được công dụng, cấu tạo của

thiết bị để từ đó đưa ra được phương pháp tính toán đúng đắn, sát với yêu cầu làm việc thực tế của thiết bị. Cấu tạo của công trục được trình bày trên Hình 1.



01 - Chân chính; 02 - Cabin điều khiển; 03 - Xe tời nâng - hạ; 04 - Dầm chính; 05 - Chân phụ; 06 - Dầm Super-T; 07 - Bộ đúc dầm; 08 - Kịch kéo căng cáp DUL; 09 - Cụm di chuyển công trục; 10 - Dầm đầu; 11 - Giằng chân; 12 - Ván khuôn; 13 - Lõi ván khuôn dầm Super-T

Hình 1. Tổng thể công trục

Nguyên lý làm việc như sau: Trên công trường bố trí sẵn các bộ đúc dầm (12) và hệ thống ván khuôn (07), (13) cùng hệ thống kịch thủy lực để kéo căng thép dự ứng lực (DUL). Công trục được thiết kế để phục vụ tất cả các công đoạn của quá trình đúc dầm bê tông cốt thép DUL. Để tiến hành đúc dầm, thợ vận hành cầu sẽ cho công trục di chuyển vị trí của lõi khuôn (13) để cẩu nhấc lên và di chuyển lõi khuôn (13) tới vị trí bộ đúc (12), sau đó hạ lõi khuôn (13) vào trong lòng của ván khuôn (7), bộ đúc (12). Tiếp theo, sẽ tiến hành đan cốt thép, đổ bê tông, kéo căng thép DUL. Sau khi dầm bê tông đã đủ cường độ chịu lực sẽ tiến hành cắt cáp DUL, sau đó dùng công trục để cẩu nâng lõi khuôn (13) và dầm Super-T ra khỏi bộ đúc (12). Sau khi dầm bê tông (06) được 2 xe tời (03) của công trục cẩu nâng lên cao thoát khỏi bộ đúc (12), thợ vận hành cầu sẽ điều khiển công trục di chuyển để đưa dầm (06) về tới vị trí tập kết dầm theo qui định tại công trường. Trên công trường có bố trí các bộ đúc để có thể đúc được các loại dầm 33 m và 38 m. Do đó, 2 xe tời (03) có thể di chuyển được dọc theo dầm chính.

2. NỘI DUNG TÍNH TOÁN

2.1. Xác định thông số kỹ thuật

Dựa trên yêu cầu của mặt bằng thi công, yêu cầu về kích thước hình học của dầm Super-T, tải trọng hàng nâng cũng như các yêu cầu đặt ra khi lập biện pháp thi công dầm cầu, tác giả đã tính toán lựa chọn một số thông số cơ bản của công trục như sau:

- Tải trọng hàng nâng lớn nhất: Q= 80 tấn; khẩu độ công trục Lk = 46 m; chiều cao nâng H_{nâng} = 10 m; vận tốc nâng hàng V_{nâng} = 5 m/ph; vận tốc di chuyển xe tời khi làm việc V_{dc} = 20 m/ph; vận tốc di chuyển công trục khi làm việc V_{dc} = 30 m/ph.

2.2. Tính toán, thiết kế kết cấu thép

Để tính toán, thiết kế kết cấu thép của công trục, tác giả đã sử dụng phần mềm SAP 2000.

Đối với mỗi trường hợp tính toán (tương ứng với các vị trí khác nhau của tải trọng), trình tự tính toán như sau:

- Xây dựng mô hình (xác định thông số hình học, gán sơ bộ chủng loại vật liệu cho các thanh);
- Xác định các tải trọng tác dụng và tổ hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu;
- Giải bài toán bằng phần mềm SAP 2000;
- Xác định các vị trí nguy hiểm trong các thanh của kết cấu công trục;
- Tính toán kiểm tra bền cho các thanh (nếu đạt thì giữ nguyên chủng loại vật liệu, nếu chưa đạt thì thay thế bằng chủng loại vật tư khác).

2.3. Tải trọng tác dụng

Căn cứ theo tài liệu [7], tác giả đã tính toán các tải trọng tác dụng lên công trục:

- a) Tải trọng hàng nâng Q_n
 - Với dầm Super-T có chiều dài 38 m m_n¹ = 80 tấn, trọng lượng hàng nâng Q_n¹ = 784.800 (N).
 - Với dầm Super-T có chiều dài 33 m m_n² = 60 tấn, trọng lượng hàng nâng Q_n² = 588.600 (N).
- b) Tải trọng bản thân G_{bt}

Bảng 1. Trọng lượng một số bộ phận kết cấu của công trục

Kết cấu	Khối lượng (kg)	Trọng lượng (N)
Dầm Super-T	80.000	784.800
Xe tời 40 T (1 xe tời)	7.000	68.670
Dầm chính (2 dầm)	70.000	686.700
Chân chính công trục (2 chân)	5.400	52.974
Chân phụ công trục (2 chân)	3.000	29.430
Dầm đầu (2 dầm)	5.000	49.050
Cụm di chuyển (4 cụm bánh xe, bánh răng)	4.000	39.240

Tải trọng bản thân của công trục được tổng hợp theo Bảng 2.

Bảng 2. Tải trọng tập trung và tải trọng phân bố do trọng lượng bản thân

Loại tải trọng	Giá trị tải tập trung (N)	Giá trị tải phân bố trên 1 kết cấu (N/mm)
Trọng lượng dầm chính G _{bt1}	686.700	7,32
Trọng lượng chân chính G _{bt2}	52.974	4,49
Trọng lượng chân phụ G _{bt3}	29.430	2,49
Trọng lượng dầm đầu G _{bt4}	49.050	3,773
Trọng lượng 4 cụm di chuyển G _{bt5}	39.240	
Trọng lượng bản thân 1 xe tời G _{bt6}	68.670	

c) Tải trọng quán tính F_{qt}

- Tải trọng quán tính F_{qt} = m.g.a (N); (Với a = 0,16 m/s². g= 9,81 m/s²) (1)

Bảng 3. Tải trọng quán tính tập trung và phân bố tác dụng lên kết cấu công trục

Loại tải trọng	Giá trị tải tập trung (N)	Giá trị tải phân bố trên 1 kết cấu (N/mm)
Tải trọng quán tính dầm chính khi công trục di chuyển F _{qt1}	109.872	1,171
Tải trọng quán tính chân chính khi công trục di chuyển F _{qt2}	52.974	0,718
Tải trọng quán tính chân phụ khi công trục di chuyển F _{qt3}	29.430	0,399
Tải trọng quán tính khi xe tời và hàng (40 tấn) di chuyển F _{qt4}	461.070	
Tải trọng quán tính khi nâng hàng theo phương thẳng đứng kết hợp phanh hãm F _{qt5}	125.568	2,677

- Tải trọng quán tính F_{qt1}, F_{qt2}, F_{qt3} khi di chuyển công trục cùng với hàng kết hợp phanh hãm được coi như phân bố đều lên các bộ phận kết cấu chân, dầm chính của công trục.

- Tải trọng quán tính khi nâng hàng kết hợp phanh hãm F_{qt5} được coi là tải trọng tập trung phân bố đều truyền lên bánh xe của xe tời và tác dụng lên dầm chính.

- Tải trọng quán tính phát sinh khi 1 xe tời và hàng nâng (40 tấn) di chuyển dọc theo dầm chính F_{qt4}.

d) Tải trọng gió F_g

Tải trọng gió được tính theo công công thức chung F_g = F₀. k₁.k₂. q₀ (N)

- F₀ - Diện tích chịu gió (m²);
- k₁ - Hệ số diện tích chịu gió của mặt cắt kết cấu;
- k₂ - Hệ số tính đến chiều cao chịu gió của kết cấu;
- q₀ - Áp lực gió đơn vị lên kết cấu (N/m²), q₀ = 0,63.V_g².

Theo tài liệu [6] - TCVN4244:2005, khi công trục làm việc tốc độ gió V_g = 14 m/s, khi công trục không làm việc tốc độ gió V_g = 40 m/s.

- Tải trọng gió tác dụng lên dầm chính (theo phương vuông góc với dầm chính), F_{g1} = F₀. k₁.k₂. q₀.

F₀ - Diện tích chịu gió của dầm chính F₀ = h.L_{dc} = 2,5 .46,9 = 117,25 (m²); k₁=1 (dầm chính là dạng dầm hộp kín), k₂=1 (chiều cao của kết cấu chịu gió H=10 m). q₀ - 125 (N/m²); (dầm chính công trục cao 2.500 mm, rộng 900 mm, dài 46.900 mm). Khi đó, F_{g1} = F₀. k₁.k₂. q₀ = 117,25.1.1. 125 = 14.656 (N).

- Tính toán tương tự, tác giả thu được kết quả như Bảng 4. Tải trọng gió tác dụng lên phương dọc với hàng nâng (có thể bỏ qua do tiết diện chịu gió của hàng theo phương này nhỏ).

Tổng hợp tải trọng gió tác dụng ứng với 2 trường hợp: Khi công trục làm việc và khi công trục không làm việc được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Tải trọng gió tập trung tác dụng lên công trục

Tốc độ gió Vg (m/s)	Áp lực gió q ₀ (N/m ²)	Tải trọng gió tác dụng (N)				
		F _{g1}	F _{g2}	F _{g3}	F _{g4}	F _{g5}
14	125	14.656	506,25	9.000	2.028	516,25
40	800	93.800	1.800	57.600	12.980	3.304

F_{g1} - Trọng gió tác dụng lên dầm chính (theo phương vuông góc với dầm chính); F_{g2m} - Tải trọng gió tác dụng lên dầm chính (theo phương dọc với dầm chính); F_{g3} - Tải trọng gió tác dụng lên hàng nâng (theo phương vuông góc với chiều dài của dầm bê tông Super-T); F_{g4} - Tải trọng gió tác dụng lên chân chính của cổng trục (theo phương vuông góc với dầm chính); F_{g5} - Tải trọng gió tác dụng lên chân phụ của cổng trục (theo phương vuông góc với dầm chính).

Tổng hợp tải trọng gió phân bố đều tác dụng lên các kết cấu ứng với 2 trường hợp: Khi cổng trục làm việc và khi cổng trục không làm việc được thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 5. Tải trọng gió phân bố tác dụng lên cổng trục

Tốc độ gió Vg (m/s)	Áp lực gió q _o (N/m ²)	Tải trọng gió tác dụng (N/mm)				
		q _{g1}	q _{g2}	q _{g3}	q _{g4}	q _{g5}
14	125	0,312	0	0,225	0,343	0,0875
40	800	2	0	1,44	2,2	0,56

(Tải trọng gió F_{g2} được coi như là tải tập trung tác dụng lên chân cổng trục ở vị trí treo hàng $h_{ch} = 4.000$ mm)

e) Tổ hợp tải trọng

- Tổ hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu bao gồm: Tải trọng bản thân, tải trọng của bộ tời nâng, tải trọng gió, tải trọng hàng nâng, tải trọng động do quá trình phanh hãm hàng và di chuyển cổng trục.

- Tổ hợp bao gồm: (Tĩnh tải + Tải trọng gió) tác dụng đồng thời lên kết cấu theo hướng bất lợi.

2.4. Trường hợp tính

2.4.1. Tính toán trong trường hợp đúc dầm Super-T dài 38 m

* Trường hợp 1: Cổng trục đang thực hiện nâng hàng, đồng thời thực hiện phanh hãm khi nâng hàng, chịu tác động của tải trọng gió tác dụng theo phương vuông góc với dầm chính.

Các tải trọng tác dụng: $Q_n^1 + G_{bt} + F_g + F_{qt}$:

- Tải trọng hàng nâng Q_n^1 được phân chia đều cho 2 xe tời (tải trọng nâng của mỗi xe tời sẽ là 40 tấn thông qua 4 cụm bánh xe truyền tác động lên dầm chính tại vị trí đứng của xe tời ứng với vị trí tâm của móc treo dầm Super-T dài 38 m).

- Tải trọng bản thân G_{bt} ($G_{bt1}, G_{bt2}, G_{bt3}, G_{bt4}$), các tải trọng này được coi là phân bố đều lên các bộ phận kết cấu.

- Tải trọng gió F_g (F_{g1}, F_{g3}), các tải trọng này được coi là phân bố đều tác dụng lên kết cấu dầm chính theo phương vuông góc với dầm chính.

- Tải trọng quán tính F_{qt5} do hàng nâng. Tải trọng được coi là phân bố đều thông qua các bánh xe tác dụng lên kết cấu dầm chính, hướng tác dụng của lực cùng chiều với lực tác dụng của áp lực bánh xe do tải trọng của hàng nâng truyền lên.

* Trường hợp 2: Cổng trục di chuyển cùng hàng nâng dọc theo đường ray, đồng thời thực hiện phanh hãm khi di chuyển, chịu tác động của tải trọng gió.

Các tải trọng tác dụng: $Q_n^1 + G_{bt} + F_g + F_{qt}$:

- Tải trọng gió F_g (F_{g1}, F_{g3}, F_{g4}), các tải trọng này được coi là phân bố đều tác dụng lên kết cấu dầm chính theo phương vuông góc với dầm chính.

- Tải trọng quán tính F_{qt} ($F_{qt1}, F_{qt2}, F_{qt3}, F_{qt5}$) phát sinh khi cổng trục di chuyển cùng với hàng đồng thời kết hợp phanh hãm. Các lực này được coi như phân bố đều lên kết cấu.

* Trường hợp 3: Xe tời di chuyển cùng hàng nâng danh nghĩa của 1 xe tời ($Q_{xt} = 40$ tấn) dọc theo đường ray trên dầm chính, đồng thời thực hiện phanh hãm khi di chuyển, chịu tác động của tải trọng gió. Có 1 xe tời mang hàng ($Q_{xt} = 40$ tấn) tại điểm chính giữa dầm chính.

Các tải trọng tác dụng: $Q_{xt} + G_{bt} + F_g + F_{qt}$:

- Tải trọng gió F_g (F_{g2}, F_{g5}), các tải trọng này được coi là phân bố đều tác dụng lên kết cấu dầm chính theo phương dọc với dầm chính.

- Tải trọng quán tính F_{qt4} phát sinh khi cổng trục di chuyển cùng với hàng đồng thời kết hợp phanh hãm.

* Trường hợp 4: Cổng trục không làm việc (được neo giữ bởi cơ cấu kẹp ray), chịu tác dụng của lực gió bão, gió thổi theo hướng vuông góc với dầm chính.

Các tải trọng tác dụng: $G_{bt} + F_g$:

- Tải trọng gió F_g (F_{g1}, F_{g4}, F_{g5}), các tải trọng này được coi là phân bố đều tác dụng lên kết cấu dầm chính, chân. Áp lực gió $q_o = 800$ (m/s).

2.4.2. Tính toán trong trường hợp đúc dầm Super-T dài 33 m

Khi đúc dầm Super-T dài 33 m, tác giả cũng tính toán cho 2 trường hợp: Nâng - hạ hàng và di chuyển có hàng. Các tải trọng tác dụng cũng tương tự như mục (a). Ứng với khối lượng dầm Super-T dài 33 m là $m_n^2 = 60$ tấn.

2.5. Ứng suất cho phép

$$[\sigma] = \frac{\sigma_c}{n} \tag{3}$$

Trong đó:

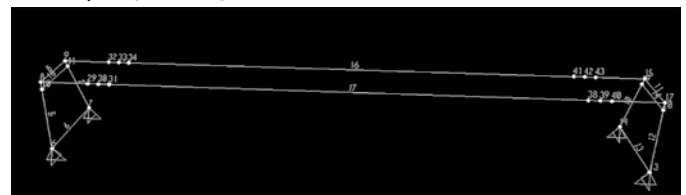
σ_c - Giới hạn chảy của vật liệu (N/mm²). Đối với vật liệu là thép SS400 có $\sigma_c = 240$ (N/mm²); n - Hệ số an toàn. Đối với cổng trục đang xét, để tính toán bền cho phần kết cấu thép trong trường hợp nguy hiểm nhất là nâng hàng với tải trọng lớn nhất, đồng thời chịu cả tải trọng gió thì theo Tiêu chuẩn TCVN-4424-2005, tài liệu [6] giá trị $n = 1,5$.

Vậy giá trị ứng suất cho phép:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_c}{n} = \frac{240}{1,5} = 160 \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

2.6. Xây dựng mô hình tính toán

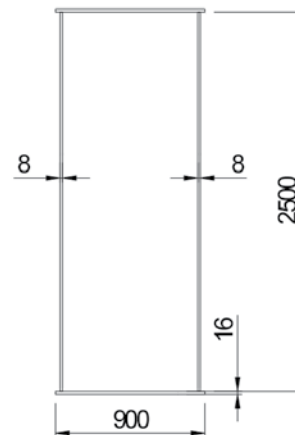
Bài toán được mô hình hóa trong phần mềm SAP 2000 V14. Mô hình này được thể hiện trên Hình 2:



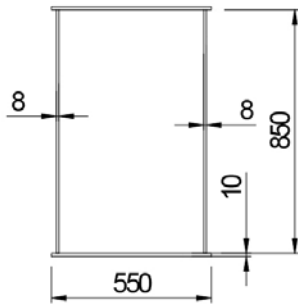
Hình 2. Mô hình cổng trục được xây dựng trong phần mềm SAP2000

2.7. Xác định sơ bộ kích thước mặt cắt của các kết cấu điển hình

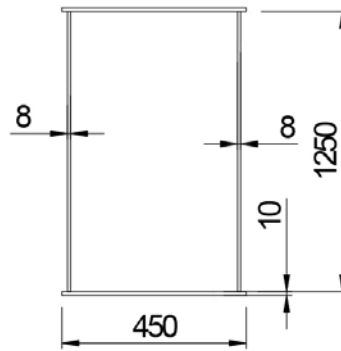
Căn cứ theo các hướng dẫn thiết kế trong tài liệu [5, 6] và hồ sơ kỹ thuật về cổng trục long môn của Công ty Cổ phần Sản xuất - Thương mại Đại Dương [7]. Các kích thước của những kết cấu cơ bản được thể hiện trên các Hình 3, Hình 4, Hình 5, Hình 6 và Hình 7.



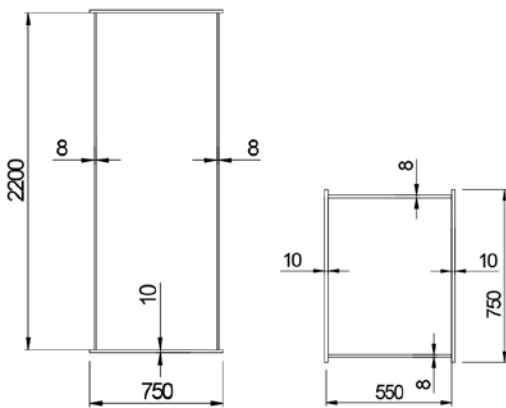
Hình 3. Mặt cắt dầm chính



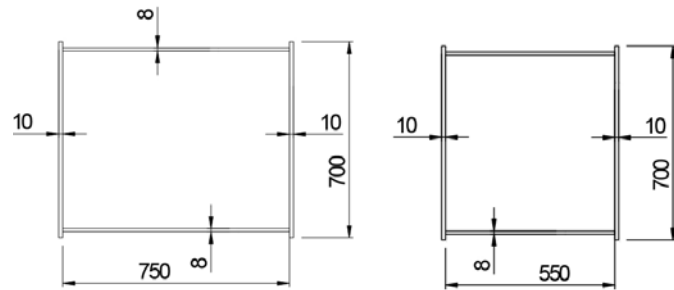
Hình 4. Mặt cắt giằng chân



Hình 5. Mặt cắt dầm đầu



Hình 6. Mặt cắt chân chính bên trên và bên dưới



Hình 7. Mặt cắt chân phụ bên trên và bên dưới

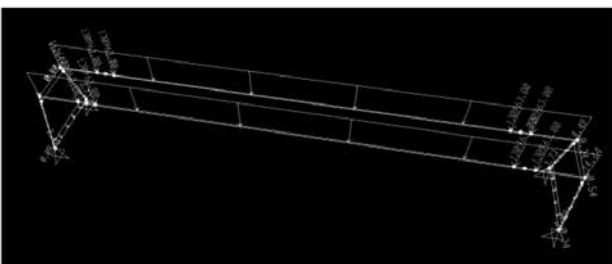
Bảng 6. Đặc trưng hình học một số kết cấu

Tên cấu kiện	Diện tích mặt cắt F (mm ²)	Mô-men quán tính J ₃₃ =J _x (mm ³)	Mô-men quán tính J ₂₂ =J _y (mm ³)	Mô-men chống uốn W ₃₃ =W _x (mm ³)	Mô-men chống uốn W ₂₂ =W _y (mm ³)
Mặt cắt dầm chính	78.160	6,9.10 ¹⁰	1,172.10 ¹⁰	51,840.10 ⁶	26.10 ⁶
Mặt cắt chân chính	55.680	6,5.10 ¹⁰	31,78.10 ⁹	17,3.10 ⁶	31,78.10 ⁶
Mặt cắt chân phụ	25.880	2,2.10 ⁹	2,205.10 ⁹	5,8.10 ⁶	6,3.10 ⁶
Mặt cắt giằng chân	28.680	5,94.10 ⁹	1,11.10 ⁹	9,7.10 ⁶	4,93.10 ⁶
Mặt cắt dầm đầu	25.480	2,53.10 ⁹	1,43. 10 ⁹	9,7.10 ⁶	6,2.10 ⁶

2.8. Tính nội lực kết cấu

Qua phân tích trên phần mềm tính toán 4 trường hợp làm việc điển hình của kết cấu, tác giả nhận thấy trường hợp 1 (nâng hàng đứng tại nguyên tại một vị trí) và trường hợp 2 (cồng trục di chuyển mang hàng) là 2 trường hợp có nội lực lớn, do vậy tác giả sử dụng giá trị nội lực trong các trường hợp này để tính toán kiểm tra bền cho các vị trí nguy hiểm của kết cấu. Biểu đồ và giá trị nội lực tại các vị trí nguy hiểm thể hiện như sau:

a) Trường hợp 1 (Nâng - hạ hàng tại một vị trí (không di chuyển)):



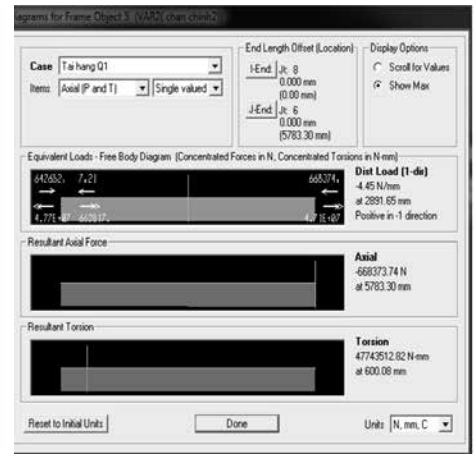
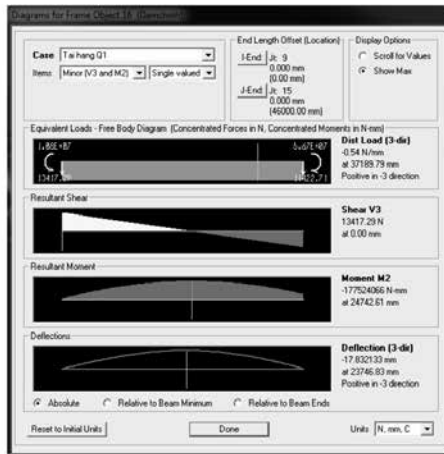
Hình 8. Sơ đồ lực tác dụng lên kết cấu



Hình 9. Biểu đồ mô-men M33



Hình 10. Mô-men uốn của dầm chính (phần tử 16)

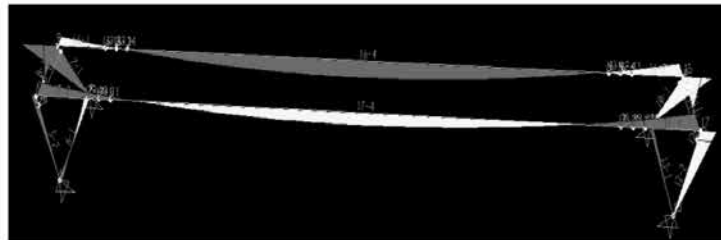
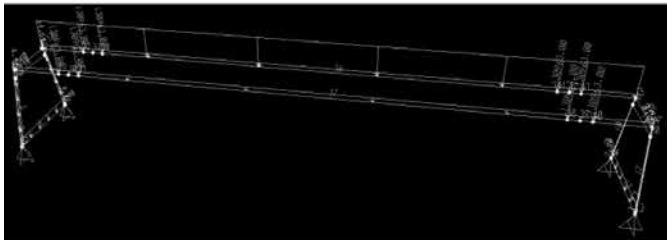


Hình 11. Lực dọc chân (phần tử 5)

Bảng 7. Giá trị nội lực phát sinh tại các phần tử ứng với trường hợp 1

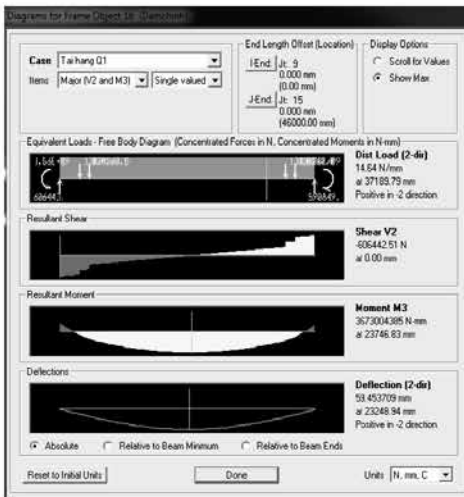
TT	Tên gọi	Mô-men uốn lớn nhất M_{33} (N.mm)	Mô-men uốn lớn nhất M_{22} (N.mm)	Lực dọc trục N_z (N)	Chuyển vị (mm)
1	Phần tử 16 (dầm chính, nút 9-15)	3.816.886.545	-177.524.066	-255.621	61,45
2	Phần tử 05 (chân đỡ, nút 6-8)	40.344.536	-1.255.400.185	-668.373	17,9
3	Phần tử 06 (dầm đầu, nút 6-7)	-21.986.918	-74.157.568	0	-1,12
4	Phần tử 08 (giằng chân, nút 8-9)	45.035.109	-203.606.044	-145.866	-0,595

b) Trường hợp 2 (di chuyển cùng hàng nâng):

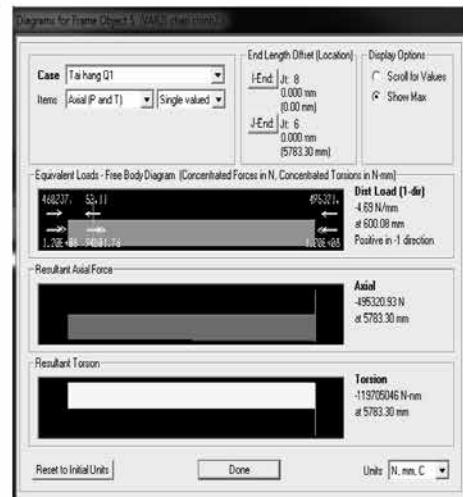
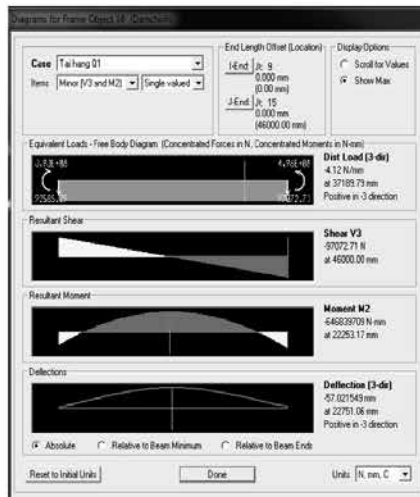


Hình 12. Sơ đồ lực tác dụng lên kết cấu

Hình 13. Biểu đồ mô-men M_{33}



Hình 14. Mô-men uốn của dầm chính (phần tử 16)



Hình 15. Lực dọc chân (phần tử 05)

Bảng 8. Giá trị nội lực phát sinh tại các phần tử ứng với trường hợp 2

TT	Tên gọi	Mô-men uốn lớn nhất M_{33} (N.mm)	Mô-men uốn lớn nhất M_{22} (N.mm)	Lực dọc trục N_z (N)	Chuyển vị (mm)
1	Phần tử 16 (dầm chính, nút 9-15)	3.673.004.385	-646.839.709	-467.868	59,45
2	Phần tử 05 (chân đỡ, nút 6-8)	-363.677.902	-178.253.336	-468.237	9,8
3	Phần tử 06 (dầm đầu, nút 6-7)	-152.511.700	-216.484.513	0	1,1
4	Phần tử 08 (giằng chân, nút 8-9)	-348.134.850	-516.003.304	-112.900	1,3

2.9. Tính toán kiểm tra bền tại các vị trí nguy hiểm

Từ kết quả nội lực thể hiện trong Bảng 7, Bảng 8 tác giả nhận thấy:

- Kết cấu dầm chính (phần tử 16), dầm đầu (phần tử 06) và giằng chân (phần tử 08) chủ yếu chịu uốn theo 2 phương 3-3 (x-x) và 2-2 (y-y) và chịu một phần lực nén. Do đó, cần kiểm tra theo điều kiện chịu uốn + nén kết hợp.

- Kết cấu chân đỡ (phần tử 05) chịu uốn theo 2 phương 3-3 (x-x) và 2-2 (y-y) và chịu nén. Do đó, cần kiểm tra theo điều kiện chịu uốn + nén kết hợp.

* Kiểm tra bền:

- Đối với kết cấu dầm chính (phần tử 16), ứng suất bền được xác định:

$$\sigma_{tt} = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{N_z}{F_c} \leq [\sigma_{cp}] \quad (4)$$

$M_x = 3.816.886.545$ (N.mm); $M_y = -177.524.066$ (N.mm), $W_x = 51.840.10^6$ (mm³); $W_y = 26.10^6$ (mm³).

$$\sigma_{tt} = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{N_z}{F_c} = \frac{3816886545}{51.840.10^6} + \frac{-177524066}{26.10^6} + \frac{-255621}{78160} = 63,54 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

+ Độ võng theo tính toán $f_{tt} = 61,59$ (mm).

+ Độ võng theo Tiêu chuẩn TCVN 4244-2005:

$[f_{cp}] = L_k/700$. Độ võng cho phép $[f_{cp}] = 46.900/700 = 67$ (mm).

* Kết luận: Với vật liệu thép S5400 thì giá trị ứng suất cho phép $[\sigma] = 160$ (N/mm²) thì với trường hợp tính toán trên ứng suất tính toán đều nhỏ hơn ứng suất cho phép $\sigma_{tt} < [\sigma]$. Độ võng tính toán cũng nhỏ hơn độ võng theo tiêu chuẩn $f_{tt} < [f_{cp}]$.

- Đối với kết cấu chân đỡ công trục (phần tử 05):

$M_x = 40.344.536$ (N.mm); $M_y = -1.255.400.185$ (N.mm), $W_x = 17,3.10^6$ (mm³); $W_y = 31,78.10^6$ (mm³).

$$\sigma_{tt} = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{N_z}{F_c} = \frac{40344536}{17,3.10^6} + \frac{-1255400185}{31,78.10^6} + \frac{-668373}{55680} = -49,18 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (5)$$

- Đối với kết cấu dầm đầu (phần tử 06):

$M_x = -348.134.850$ (N.mm); $M_y = -516.003.304$ (N.mm), $W_x = 9,7.10^6$ (mm³); $W_y = 6,2.10^6$ (mm³).

$$\sigma_{tt} = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{N_z}{F_c} = \frac{45035109}{9,7.10^6} + \frac{-203606044}{6,2.10^6} + \frac{-112900}{25480} = -146 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (6)$$

- Đối với kết cấu giằng chân (phần tử 08):

$M_x = -152.511.700$ (N.mm); $M_y = -216.484.513$ (N.mm), $W_x = 9,7.10^6$ (mm³); $W_y = 4,93.10^6$ (mm³).

$$\sigma_{tt} = \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} = \frac{-152511700}{9,7.10^6} + \frac{-216484513}{4,93.10^6} = -59,61 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (7)$$

* Kết luận: Với vật liệu thép S5400, giá trị ứng suất cho phép $[\sigma] = 160$ (N/mm²) thì với các trường hợp tính toán nêu trên ứng suất tính toán đều nhỏ hơn ứng suất cho phép $\sigma_{tt} < [\sigma]$. Các kết cấu của công trục đều đủ sức chịu tải theo qui định.

3. KẾT LUẬN

- Qua phân tích nội lực ứng với các trường hợp làm việc thực tế của công trục, tác giả nhận thấy trường hợp làm việc bất lợi nhất là trường hợp nâng - hạ hàng (cầu nhắc dầm Super-T ra khỏi ván khuôn) và trường hợp công trục di chuyển mang hàng (cầu di chuyển dầm từ bãi đúc tới vị trí tập kết dầm Super-T).

- Đối với kết cấu dầm chính và kết cấu chân chịu lực lớn nhất trong trường hợp cầu nâng dầm Super-T ra khỏi ván khuôn.

- Kết cấu dầm đầu, giằng chân chịu lực lớn nhất khi công trục di chuyển cùng với dầm Super-T dọc theo đường ray.

- Chuyển dịch của dầm chính theo phương ngang đạt giá trị lớn ($f_n = 59,45$ mm), do vậy cần phải có biện pháp gia cường kết cấu của dầm chính để đảm bảo ổn định ngang. Có thể sử dụng biện pháp mở rộng thêm mặt cắt ngang của dầm chính, bố trí các gân tăng cường dọc, ngang phía trong của kết cấu dầm.

- Đối với kết cấu dầm chính công trục ngoài, việc kiểm tra kết cấu đảm bảo đủ bền theo giới hạn bền của từng loại vật liệu thì cần phải kiểm tra điều kiện ổn định của kết cấu (ứng suất tính toán bền của dầm chính $\sigma_{tt} = 63,54$ (N/mm²) nhỏ hơn ứng suất cho phép, nhưng độ võng $f_{tt} = 61,59$ mm đã đạt xấp xỉ độ võng giới hạn theo tiêu chuẩn $[f_{cp}] = 67$ mm, do vậy không thể giảm kích thước kết cấu dầm chính nhỏ hơn được nữa).

- Các kết quả tính toán thiết kế ở trên đã được tác giả chuyển giao cho Công ty Cổ phần Sản xuất - Thương mại Đại Dương khi thiết kế công trục phục vụ thi công đúc dầm thuộc gói thầu số 2 đoạn Mai Dịch - Nam Thăng Long, TP. Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Xiong ling-hua, Wang fan (2011), Stress spectrum analysis on steel structure of gantry crane, Advanced Materials research, vol.291-294, pp.1634-1639, at www.Scientific.net.
- [2]. Qing-dun Zeng, Bao-hua Guan (2012), Modal finite element analysis of reconstructive structure for Gantry crane on the basis of ANSYS and Dynamic stiffness, Journal of Mechanics and material, vol.164, pp.456-459, at www.Scientific.net.
- [3]. R.M.T. Raja Ismail, M.A. Ahmad, M.S. Ramli and F.R.M. Rashidi (2009), Nonlinear Dynamic Modelling and Analysis of a 3-D Overhead Gantry Crane System with Payload Variation, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Universiti Malaysia Pahang, Journal of ISSN:1473-804x online, 1473-8031 print.
- [4]. PGS. TS. Nguyễn Văn Hợp, ThS. Phạm Thị Nghĩa, TS. Lê Thiện Thành (2000), Máy trục vận chuyển, NXB. GTVT, Hà Nội.
- [5]. Đào Trọng Thường, Tính toán thiết kế máy trục.
- [6]. Tiêu chuẩn Việt Nam, Thiết bị nâng: Thiết kế, chế tạo và kiểm tra kỹ thuật - TCVN4244:2005.
- [7]. Công ty Cổ phần Sản xuất - Thương mại Đại Dương, Hồ sơ kỹ thuật công trục long môn.