

Ứng dụng phần mềm SAP 2000 hợp lý hoá thiết kế kết cấu thép hệ thống đỗ xe ô tô hai tầng với điều kiện sử dụng tại Việt Nam

Application sap 2000 software in optimization steel structural of car parking double-floor in conditions for using in Vietnam

> TS NGUYỄN QUANG MINH

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Hệ thống đỗ xe ô tô cơ khí tự động và bán tự động là nhu cầu cấp thiết của các đô thị lớn không chỉ ở Việt Nam mà cả trên thế giới. Hiện nay, Việt Nam đã chế tạo thành công một số loại hệ thống đỗ xe cơ khí. Trong bài báo, tác giả đã khảo sát phân tích đánh giá đồng thời ứng dụng phần mềm tính toán kết cấu thép SAP 2000, đưa ra biện pháp cải tiến một số vị trí kết cấu có ứng suất tập trung, làm tăng khả năng chịu lực của kết cấu, từ đó đưa ra các dạng kết cấu hợp lý của hệ thống đỗ xe 2 tầng phù hợp với điều kiện sử dụng ở Việt Nam.

Từ khóa: Hệ thống đỗ xe; kết cấu thép; SAP 2000

ABSTRACT

Automatic and semi-automatic mechanical car parking systems are an urgent need of large cities not only in Vietnam but also in the world. In the article, the author surveyed, analyzed, and evaluated by SAP 2000 calculation software, at the same time proposed measures to improve some structural positions with concentrated stress, increasing the bearing capacity of the steel structure. Thereby giving reasonable structural forms of the parking system suitable to the conditions of use in Vietnam.

Keywords: Car parking system; steel structure; SAP 2000.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong khoảng mười năm gần đây, các loại phương tiện giao thông ở Việt Nam đã tăng một cách nhanh chóng, số lượng xe ô tô ngày càng càng nhiều, tình trạng thiếu chỗ đỗ xe ô tô ở các thành phố lớn như Hà Nội, TP.HCM, Đà Nẵng... đã đến lúc báo động đỏ. Một trong các biện pháp giải quyết tình trạng trên là cần quy hoạch và xây dựng nhiều hệ thống đỗ xe, nhất là hệ thống đỗ xe cao tầng tiết kiệm không gian, hoặc các hệ thống đỗ xe cơ khí hai, ba tầng trong các tầng hầm nhà chung cư, thương mại.

Thông qua khảo sát, tìm hiểu và phân tích tình hình các giải pháp bố trí hệ thống đỗ xe ô tô cơ khí ở Việt Nam, tác giả thấy rằng hệ thống này chủ yếu được nhập khẩu nguyên bộ của Trung Quốc, Đức hay Hàn Quốc... vào Việt Nam và lắp ráp sử dụng. Tuy nhiên, trong thực tế điều kiện sử dụng ở Việt Nam có một số điểm chưa phù hợp, ví dụ như: chủng loại xe ô tô nhiều, tải trọng xe, kích thước xe phân bố khá rộng. Do đó, để thỏa mãn yêu cầu sử dụng cụ thể trong điều kiện Việt Nam cần có tính toán, thiết kế hợp lý cho hệ thống đỗ xe này, chủ động trong giải pháp công nghệ, đồng thời chủ động trong chế tạo, lắp đặt, quản lý vận hành, bảo dưỡng sửa chữa. Trong bài báo này, tác giả đưa ra bài toán tính toán và thiết kế hợp lý khung kết cấu thép hệ thống đỗ xe hai tầng ở điều kiện Việt Nam. Bài toán có sử dụng phần mềm SAP 2000 hỗ trợ trong tính toán nội lực và ứng suất của khung kết cấu thép, nhờ đó việc tính toán và phân tích bài toán sẽ trực quan và chính xác hơn. Từ đó, tác giả có thể đưa ra một số biện pháp cụ thể để cải tiến, tối ưu hoá kết cấu khung thép hệ thống đỗ xe phù hợp khi sử dụng ở Việt Nam.

2. CÁC NỘI DUNG CHÍNH

2.1. Tổng quan hệ thống đỗ xe tự động thông minh trên thế giới và ở Việt Nam

Một số hệ thống đỗ xe tự động thông minh được sử dụng phổ biến trên thế giới và ở Việt Nam:



Hình 1. Hệ thống đỗ xe kiểu trụ đứng



Hình 2. Hệ thống đỗ xe kiểu xoay vòng đứng



Hình 3. Hệ thống đỗ xe kiểu 2 tầng hoán đổi vị trí



Hình 4. Hệ thống đỗ xe kiểu thang nâng

Mỗi loại hệ thống đỗ xe này đều có ưu điểm nhược riêng, loại hệ thống đỗ xe theo hình 1 thích hợp cho những nơi có diện tích nhỏ, yêu cầu cần chiều cao thiết kế phù hợp. Loại hệ thống đỗ xe theo hình 2 thường chỉ dùng cho các loại xe con có kích thước nhỏ và trung bình. Loại hệ thống đỗ xe theo hình 3 thường bố trí ở các tầng hầm nhà chung cư, trung tâm thương mại. Loại hệ thống đỗ xe theo hình 4 có thể áp dụng cho làm ngầm hoặc nổi, chi phí cao.

2.2. Khảo sát đánh giá và so sánh kết cấu hệ thống đỗ xe 2 tầng và đưa ra phương án thiết kế hợp lý sử dụng ở Việt Nam

Khảo sát các dạng kết cấu thép khung hệ thống đỗ xe hai tầng của một số hãng sản xuất lớn như WOHR của nước Đức, Jiuroad, Tada, XIZI của Trung Quốc so sánh với sản phẩm của các công ty cung cấp hệ thống hệ thống đỗ xe như TPA, PNT, HSB, XIZI ... ở Việt Nam. Tác giả quan tâm đến một số chỉ tiêu so sánh như dạng kết cấu, hình thức liên kết, lắp dựng, sự phù hợp với điều kiện sử dụng ở Việt Nam để tiến hành nghiên cứu. Dưới đây là một số hình ảnh hệ thống đỗ xe được khảo sát.



Hình 5. Kết cấu hệ thống đỗ xe HSB - Việt Nam



Hình 6. Kết cấu hệ thống đỗ xe Tada - Trung Quốc



Hình 7. Kết cấu hệ thống đỗ xe PNT - Liên danh Việt Nhật



Hình 8. Kết cấu hệ thống đỗ xe WOHR - Đức

Nhận xét:

- Phương án theo hình 6: Kết cấu khung thép dầm dọc lắp đặt lên dầm ngang, ưu điểm là tính chịu lực tốt nhưng làm tăng chiều cao trọng tâm khung kết cấu ảnh hưởng chiều cao lưu không của tầng hầm.

- Phương án theo hình 8: Khung kết cấu quá cao so với chiều cao xe, ưu điểm là có thể đỗ được xe có chiều cao tối đa, tuy nhiên phải yêu cầu chiều cao lưu không tầng hầm đủ lớn. Phương án này không khả thi đối với tiêu chuẩn thiết kế tầng hầm nhà chung cư ở Việt Nam.

- Phương án theo hình 5 và hình 7: Đây là hai phương án tương đối hợp lý ở Việt Nam khi chiều cao thiết kế phù hợp tiêu chuẩn Việt Nam. Tuy nhiên, như phương án hình 7, chỉ thích hợp để xe SUV hay Sedan mà không đỗ được xe bán tải, phương án hình 5 có thể đỗ được xe SUV và xe bán tải.

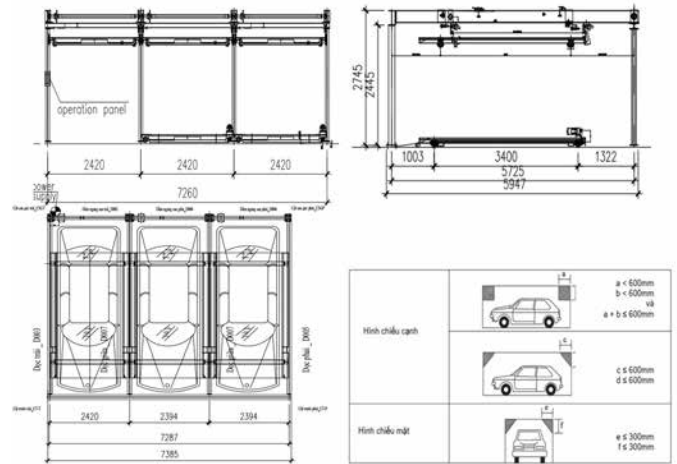
Những năm gần đây, chủng loại xe ô tô được sử dụng ở Việt Nam rất nhiều, nhất là loại xe 7 chỗ, xe bán tải hay xe siêu dài, siêu nặng nên cần có hệ thống hệ thống đỗ xe đáp ứng được loại này. Do đó, tác giả đã nghiên cứu tính toán thiết kế hệ thống kết cấu khung hệ thống đỗ xe đáp ứng được các yêu cầu này, phù hợp điều kiện sử dụng ở Việt Nam.

Theo QCVN 88:2015/BGTVT, kích thước không gian đỗ xe phải thỏa mãn các giá trị được cho trong bảng dưới đây phù hợp với kích cỡ xe:

Bảng 1: Quy chuẩn về kích thước không gian bố trí hệ thống đỗ xe

Chiều rộng	Rộng hơn chiều rộng của xe tối thiểu 0,15m
Chiều dài	Dài hơn chiều dài của xe tối thiểu 0,2m
Chiều cao	Cao hơn chiều cao của xe tối thiểu 0,05m và không nhỏ hơn 1,6m

Dựa vào đánh giá, phân tích và so sánh các phương án, tác giả đưa ra phương án các thông số thiết kế cho một modul hệ thống đỗ xe 2 tầng có 5 chỗ đỗ, có thể đỗ được xe bán tải dài 5300mm, tải trọng tối đa lên tới 2500kg.



Hình 9. Thông số kích thước cơ bản của hệ thống đỗ xe

Phương án thiết kế này dùng các loại thép định hình, chủ yếu dùng liên kết bulong sẽ dễ dàng, nhanh chóng cho việc sản xuất và lắp dựng, đồng thời cũng thuận tiện cho các biện pháp bảo dưỡng sửa chữa về sau.

2.3. Tính toán kết cấu khung hệ thống đỗ xe bằng phần mềm SAP 2000

2.3.1. Xác định các thông số cơ bản của hệ thống đỗ xe

Thiết bị đỗ xe loại là hệ thống tận dụng phần không gian bên trên của một chỗ đỗ xe thông thường, ở dự án này chúng tôi sử dụng loại hệ thống đỗ xe hai tầng, tầng dưới có di chuyển ngang sàn đỗ xe, tầng trên chỉ nâng hạ các sàn đỗ xe. Hệ thống truyền động sử dụng bộ truyền xích.

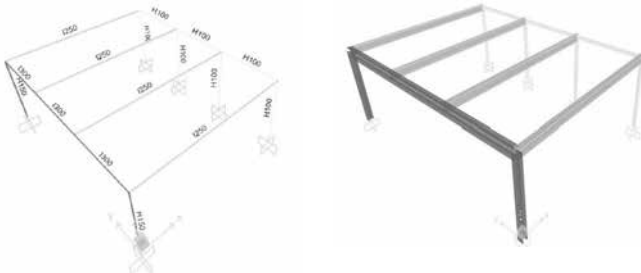
Theo QCVN 22:2018/BGTVT của Bộ Giao thông vận tải, hệ thống hệ thống đỗ xe được xem như một loại thiết bị nâng kiểu cầu, cổng trục nên có thể áp dụng các tiêu chuẩn đó. Trên cơ sở đó ta có các thông số sau:

Cấp phổ tải Q3, hệ số phổ tải $K_p = (0.25-0.5)$, cấp sử dụng A4

Bảng 2: Các thông số cơ bản của hệ thống đỗ xe

1	Kiểu hệ thống	Hệ thống hai tầng	
2	Kích thước (mm)	Dài x rộng x cao (mm)	
	Không gian sử dụng đỗ xe, DxRxR (mm)	5300x2000x1900	
3	Số sàn đỗ xe	5 xe	
4	Kích thước bao hệ thống đỗ xe hai tầng (mm)	5950x7385x2745	
5	Hệ thống dẫn động	Kiểu nâng	Kiểu trượt
	Công suất động cơ	2,2 kW	0,2 kW
	Tốc độ định mức của sàn đỗ xe	4,5 m/phút	7 m/phút
7	Kích thước các bộ phận	Sàn đỗ xe, DxRxR (mm)	3920x2430x110

Mô hình kết cấu khung hệ thống đỗ xe được xây dựng trên phần mềm SAP 2000 với thông số các loại thép định hình gán cho kết cấu.



Hình 10. Mô hình kết cấu thép khung hệ thống đỗ xe

2.3.2. Xác định tải trọng, tổ hợp tải trọng và đưa vào mô hình tính trên SAP 2000

a. Tải trọng

Tải trọng tính toán được xác định theo TCVN 2737:1995 trong đó bao gồm các thành phần sau:

- **Tải trọng bản thân:** Khối lượng của kết cấu được xác định trực tiếp trong phần mềm tính toán.
- **Tải trọng động (tải trọng của các ô tô):** Tải trọng tính toán với mỗi xe ô tô lấy 2500 kG (tải trọng cho phép đối với hệ thống đỗ xe).

Vận tốc nâng hạ của sàn đỗ xe: $v=4,5$ (m/phút) = $0,075$ (m/giây) nhỏ hơn nhiều so với giá trị $0,7$ (m/ giây) nên không cần tính đến tác động của giảm chấn và ảnh hưởng của gia tốc.

Hệ số lực động: $\psi = 1 + \xi \cdot v = 1 + 0,6 \cdot 0,075 = 1,045$, tuy nhiên nhỏ hơn giá trị tính toán tối thiểu, nên ta lấy: $\psi = 1,15$; hệ số $\gamma_c = 1,08$

Suy ra hệ số động tính toán: $\gamma = \gamma_c \cdot \psi = 1,15 \cdot 1,08 = 1,242 \approx 1,25$

Do đó, tải trọng tính toán tác dụng là

$$Q_{oto} = 2500 \cdot 1,25 = 3125 \text{ (kG)}$$

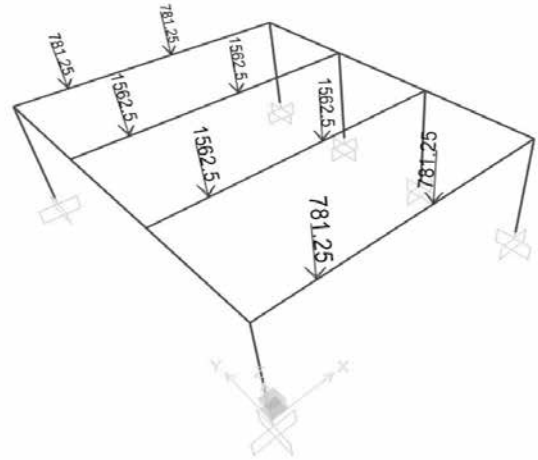
Tải trọng tác dụng lên kết cấu thông qua bộ truyền xích kéo nâng hạ lên 4 điểm trên khung dầm dọc: $Q_1 = Q_{oto}/4 = 781,25$ (kG)

- **Tải trọng gió:** Công trình được lắp dựng trong hầm nên bỏ qua loại tải trọng này.

b. Tổ hợp tải trọng

Tổ hợp tải trọng đặt lên kết cấu bao gồm: tải trọng bản thân, tải trọng động.

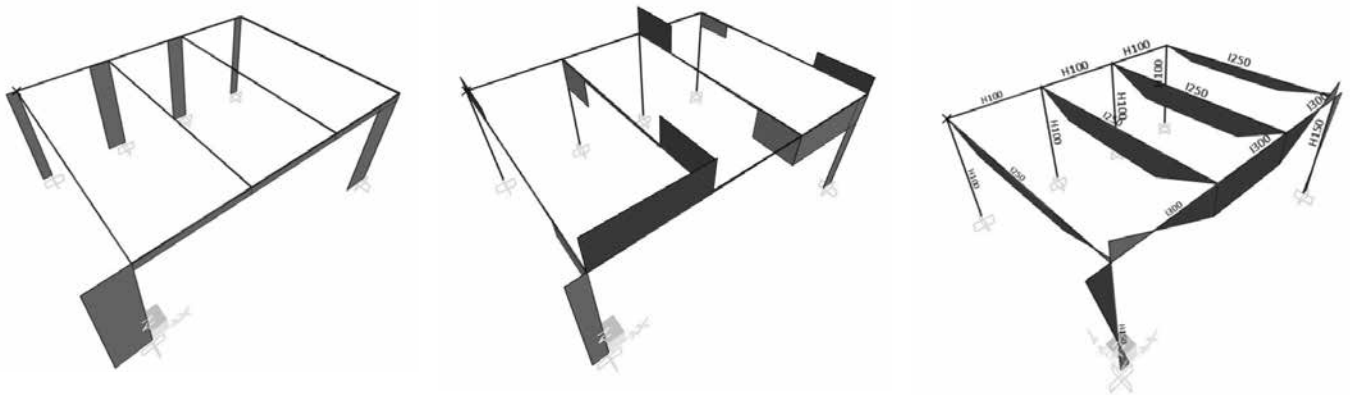
c. Mô hình đặt tải trọng trên mô hình tính toán



Hình 11. Mô hình tải trọng động đặt trên khung kết cấu

d. Kết quả tính toán.

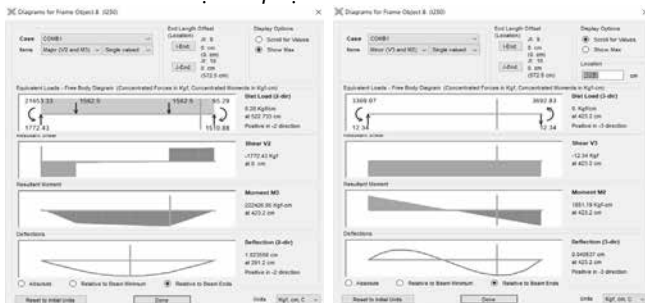
Sau khi chạy chương trình trên phần mềm SAP 2000, ta được các biểu đồ nội lực và bảng số liệu nội lực tính toán được của các thanh (dầm), cột trên khung thép.



Hình 12. Biểu đồ nội lực gồm lực dọc trục P, lực cắt Qy, mô men Mx

2.3.3. Kiểm tra bền tại các mặt cắt nguy hiểm

a. Kiểm tra dầm dọc: thép định hình I250



Hình 13. Biểu đồ nội lực và giá trị nội lực trên dầm dọc I250

+ Ứng suất tại tiết diện kiểm tra

Ứng suất dọc trục:

$$\sigma_n = \frac{P}{A} = \frac{63}{35,23} = 1,79 \text{ [kG/cm}^2\text{]}$$

Ứng suất uốn theo phương x

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{222426,95}{288,98} = 769,7 \text{ [kG/cm}^2\text{]}$$

Ứng suất uốn theo phương y

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{21851,2}{44,33} = 41,76 \text{ [kG/cm}^2\text{]}$$

+ Kiểm tra bền tiết diện:

Kiểm tra mặt cắt theo điều kiện tổng thể và kiểm tra cho thứ tự ứng suất lớn nhất ta có:

$$\sigma_n + \sigma_x + \sigma_y = 1,79 + 769,7 + 41,76 = 813,24 < \sigma_a = 1818,2 \text{ [kG/cm}^2\text{]}$$

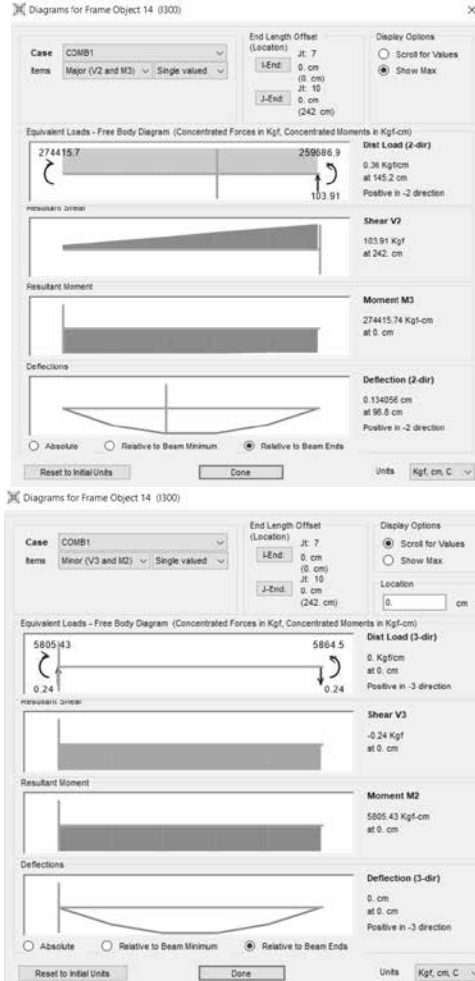
$$\text{Sức bền chịu tải là: } \frac{\sigma}{\sigma_a} = \frac{813,24}{1818,2} * 100\% = 44,73\%$$

Kết luận: Dầm dọc đảm bảo điều kiện bền.

Đồng thời điều kiện độ cứng cũng đảm bảo vì:

$$\frac{f}{L} = \frac{1,023}{572,5} = 0,0018 < \left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{400} = 0,0025$$

b. Kiểm tra dầm dọc ngang trước I300



Hình 14. Biểu đồ nội lực và giá trị nội lực trên dầm ngang trước I300

+ Ứng suất tại tiết diện kiểm tra

Ứng suất dọc trục:

$$\sigma_n = \frac{P}{A} = \frac{669}{45,33} = 14,76 [\text{kg/cm}^2]$$

Ứng suất uốn theo phương x

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{274415,74}{672,2} = 408,24 [\text{kg/cm}^2]$$

Ứng suất uốn theo phương y

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{5805,43}{67,6} = 85,88 [\text{kg/cm}^2]$$

+ Kiểm tra bền tiết diện:

Kiểm tra mặt cắt theo điều kiện tổng thể và kiểm tra cho thứ chịu ứng suất lớn nhất ta có:

$$\sigma_n + \sigma_x + \sigma_y = 14,76 + 408,24 + 85,88 = 508,88 < \sigma_a = 1818,2 [\text{kg/cm}^2]$$

$$\text{Sức bền chịu tải là: } \frac{\sigma}{\sigma_a} = \frac{508,88}{1818,2} * 100\% = 27,99\%$$

Kết luận: Dầm dọc đảm bảo điều kiện bền.

Đồng thời điều kiện độ cứng cũng đảm bảo vì:

$$\frac{f}{L} = \frac{0,134}{242} = 0,0006 < \left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{400} = 0,0025$$

c. Kiểm tra chân cột trước H150

Tương tự ta có các giá trị nội lực trên thanh số 1 của cột trước H150

+ Ứng suất tại tiết diện kiểm tra

Ứng suất dọc trục:

$$\sigma_n = \frac{P}{A} = \frac{2737,6}{39,1} = 70 [\text{kg/cm}^2]$$

Ứng suất uốn theo phương x

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{141460}{213,42} = 662,8 [\text{kg/cm}^2]$$

Ứng suất uốn theo phương y

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{31871}{75} = 424,95 [\text{kg/cm}^2]$$

+ Kiểm tra bền tiết diện:

Kiểm tra mặt cắt theo điều kiện tổng thể và kiểm tra cho thứ chịu ứng suất lớn nhất ta có:

$$\sigma_n + \sigma_x + \sigma_y = 70 + 663 + 425 = 1158 < \sigma_a = 1818,2 [\text{kg/cm}^2]$$

$$\text{Sức bền chịu tải là: } \frac{\sigma}{\sigma_a} = \frac{1158}{1818,2} * 100\% = 63,68\%$$

Kết luận: Dầm dọc đảm bảo điều kiện bền.

Đồng thời điều kiện độ cứng cũng đảm bảo vì:

$$\frac{f}{L} = \frac{0,126}{262} = 0,0005 < \left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{400} = 0,0025$$

Sau khi tính toán kết cấu thép khung hệ thống đỡ xe bằng phần mềm SAP 2000 ta dễ dàng có được các biểu đồ nội lực của nó, dùng các kết quả này tính kiểm tra bền các mặt cắt. Kết quả tính toán cho thấy mô hình kết cấu lựa chọn hoàn toàn đảm bảo các điều kiện bền, điều kiện độ cứng.

3. KẾT LUẬN

Tính toán kết cấu thép khung hệ thống đỡ xe ô tô hai tầng ở Việt Nam bằng phần mềm SAP 2000, cho thấy có thể dễ dàng xây dựng mô hình tính sát với thực tế, các mô hình tính phức tạp dạng khung không gian. Kết quả tính toán có độ tin cậy cao, số liệu thể hiện rõ ràng, thuận tiện cho việc xử lý số liệu, phân tích kết quả và trực quan. Kết quả tính kiểm tra các dạng mặt cắt đã đảm bảo an toàn.

Từ kết quả tính toán trên có thể biết được tỷ lệ chịu lực của các thanh kết cấu trong đó, điều này cho phép sử dụng các biện pháp tối ưu kết cấu bằng thay thế các mặt cắt khác nhau vào mô hình tính một cách dễ dàng, thuận tiện, độ chính xác đảm bảo.

Đối với các điều kiện sử dụng khác nhau về tải trọng xe ô tô, các kích thước cơ bản của xe thay đổi hay điều kiện không gian trong các tầng hầm không đảm bảo, có thể trực tiếp thay đổi bài toán trên mô hình này để có kết quả nhanh và chính xác, có thể áp dụng cho thực tế sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

SAP2000, "Basic Analysis reference manual, linear and nonlinear static and dynamic analysis and design of three-dimensional structures", Computers and Structures, Inc, Berkeley, California, USA.

Huỳnh Văn Hoàng, Trần Thị Hồng, Lê Hồng Sơn. Kết cấu thép của thiết bị nâng. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM. 2005

Q. Qi, Y. Yu, Q. Dong, G. Xu, and Y. Xin, Lightweight and green design of general bridge crane structure based on multi- specular reflection algorithm (*Advances in Mechanical Engineering*, v. 13, Issue: 10, p. 1-15, 2021).

Huang Li-Jeng, Syu Hong-Jie. Seismic Response Analysis of Tower Crane Using SAP2000. *Procedia Engineering* Volume79, 2014, Pages 513-522

Y-W, Li, Study on the Seismic-Resistance Requirements of Crane for Construction of High-Rise Buildings. Master Thesis, National Taipei University of Technology, 2005

C-Z Shen, Study on the Ultimate Load Capacity of Tower crane Structure. National Chao-Yang University of Technology, 2010.