

TÍNH BỀN KẾT CẤU KHUNG SÁT-XI CỦA XE SƠ-MI RƠ-MOÓC BỒN CHỜ XI MĂNG RỜI

STRUCTURAL STRENGTH ANALYSIS FOR CHASSIS FRAME OF BULK CEMENT TANK TRAILER

PGS, TS. Vũ Tuấn Đạt

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Bài báo ứng dụng phần mềm ANSYS thiết lập mô hình phần tử hữu hạn cho kết cấu khung sát-xi của xe sơ-mi rơ-moóc bồn chờ xi măng rời. Tính bền kết cấu ở chế độ tải trọng tĩnh được thực hiện khi bồn chứa đầy xi măng rời. Kết quả tính toán cho thấy giá trị ứng suất Von-mises ở các vị trí nguy hiểm đáp ứng được yêu cầu về độ bền với hệ số dự trữ bền nhỏ nhất, $k_{b-min} \approx 2,06$.

Từ khóa: Sơ-mi rơ-moóc bồn chờ xi măng rời; Khung sát-xi; Mô hình phần tử hữu hạn; Tính bền kết cấu; Hệ số dự trữ bền.

ABSTRACT

In this paper, the finite element model of the chassis frame structure of a bulk cement tank trailer was built using ANSYS software. The structural strength analysis of the chassis frame was carried out with static load in the case of filling up a full tank of bulk cement. The calculation results show that Von-mises stress values at critical locations meet the strength requirements with a minimum safety factor, $k_{b-min} \approx 2.06$.

Keywords: Bulk cement tank trailer; Chassis frame; Finite element model; Structural strength analysis; Safety factor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

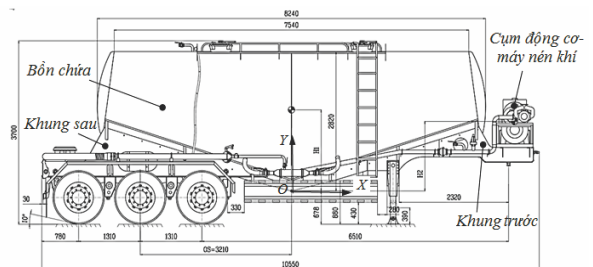
Xe sơ-mi rơ-móc bồn chở xi-măng rời (Bulk cement tanker trailer – BCTT) là phương tiện vận tải chuyên dùng có thể vận chuyển khối lượng lớn và khả năng bảo quản hàng hóa tốt. Trong kết cấu BCTT, kết cấu khung sắt-xi là bộ phận chịu lực chính, có kích thước và trọng lượng lớn, công nghệ chế tạo chủ yếu là sử dụng phương pháp hàn để liên kết giữa các cấu kiện. Liên kết bằng phương pháp hàn có các ưu điểm như: tạo mối liên kết chắc chắn và kết cấu có hình dạng phức tạp,... Nhưng do ảnh hưởng nhiệt, sự thay đổi cấu trúc và thành phần hóa ở mỗi hàn và vùng lân cận làm giảm đáng kể đến độ bền mỏi của mối ghép hàn so vật liệu gốc [1, 2]. Đã có một số công trình nghiên cứu trong và ngoài nước ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Finite element – FE) để phân tích kết cấu cho BCTT như: tính bền cho kết cấu ở chế độ tải trọng tĩnh [3, 4], phân tích động lực học kết cấu [5, 6] và tối ưu hóa kết cấu để giảm trọng lượng [7].

Trong bài báo này, mô hình FE kết cấu khung sắt-xi của BCTT được xây dựng bằng

phần mềm ANSYS dùng để tính bền kết cấu dưới tác dụng của tải trọng tĩnh khi toàn tải. Kết quả tính toán được sử dụng để: ① Đánh giá khả năng chịu tải của kết cấu khung sắt-xi thông qua hệ số dự trữ bền; ② Xác định sơ bộ các vị trí nguy hiểm có ứng suất tập trung, từ đó có định hướng xây dựng mô hình phân tích đánh giá độ bền mỏi cho mỗi ghép hàn của kết cấu khung sắt-xi trong nghiên cứu tiếp theo.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN CHO KẾT CẤU KHUNG SẮT-XI CỦA BCTT

Tuyến hình và các thông số kỹ thuật cơ bản của BCTT như trên hình 1 và cho trong bảng 1.



Hình 1. Tuyến hình xe BCTT

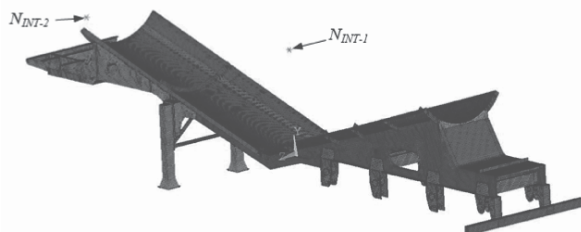
Bảng 1. Thông số kỹ thuật của BCTT

TT	Thông số	Giá trị
1	Kích thước bao: Dài × Rộng × Cao (mm)	10.550×2.490×3.700
2	Khối lượng bản thân BCTT (kg):	7.730
	- Khung sắt-xi, hộ lan, chắn bùn,... (kg)	2.070
	- Thân bồn và cấu kiện phụ (G_B) (kg)	1.700
	- Động cơ – máy nén khí (G_D) (kg)	960
	- Cầu xe và hệ thống treo (kg)	3.000
3	Thể tích bồn chứa (V_B) (m^3)	29,375
4	Khối lượng chuyên chở cho phép (G_C) tương ứng 24 m^3 xi-măng rời (kg)	31.260



Với mục tiêu nghiên cứu là đánh giá độ bền khi chịu tải trọng tĩnh, và tiến tới phân tích độ bền mỏi cho mỗi ghép hàn của kết cấu khung sắt-xi trong nghiên cứu tiếp theo, cũng như để đơn giản hóa khi xây dựng mô hình FE, giả thiết: bỏ qua các cấu kiện có trọng lượng nhỏ và ít ảnh hưởng đến độ bền của kết cấu khung sắt-xi như chấn bôn, đường ống dẫn khí nén, hộ lan bên,...; bỏ qua phần thân bồn chứa xi-măng rời, chỉ giữ lại tấm đáy chịu lực chính và được hàn liên kết với hai dầm dọc của khung sắt-xi; gốc tọa độ của mô hình (O) đặt ở đáy bồn và trong mặt phẳng đối xứng dọc.

Trong ANSYS, sử dụng phần tử SHELL63 với hằng số độ dày để chia lưới cho các kết cấu dạng tấm mỏng với đặc trưng vật liệu chế tạo là thép Q345A: khối lượng riêng $\rho = 7,8 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$; mô-đun đàn hồi $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$; hệ số Poisson $\mu = 0,3$.



Hình 2. Mô hình FE của kết cấu khung sắt-xi

Tải trọng tác dụng lên khung sắt-xi được xem xét bao gồm: khối lượng $G_{BC} = G_B + G_C = 32.960 \text{ kg}$, có chiều cao trọng tâm $H1 = 1.652 \text{ mm}$ và tác dụng lên toàn bộ bề mặt tấm đáy bồn chứa; khối lượng $G_D = 960 \text{ kg}$, có chiều cao trọng tâm $H2 = 1.415 \text{ mm}$ và tác dụng lên các dầm ngang của sàn công tác phía trước của khung sắt-xi. Sử dụng các điểm nút ngoài (N_{INT-1} và N_{INT-2}) có tọa độ tương ứng với trọng tâm các khối lượng (G_{BC} và G_D) để mô phỏng điểm đặt lực, kết hợp với ràng buộc liên kết đa điểm cứng (Rigid region) với các bề mặt chịu lực. Ràng buộc 03 bậc tự do tịnh tiến (UX,

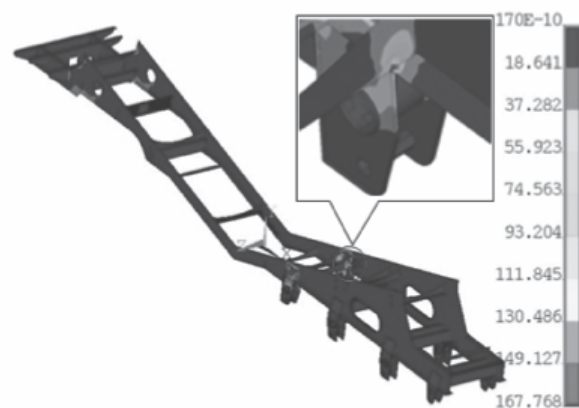
UY, UZ) cho các điểm nút tại chốt moóc; ràng buộc 02 bậc tự do tịnh tiến (UY, UZ) cho các điểm nút của chốt đỡ của 08 giá đỡ nhíp. Mô hình FE của kết cấu khung sắt-xi như trên hình 2, bao gồm 93.929 phần tử và 93.483 điểm nút.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

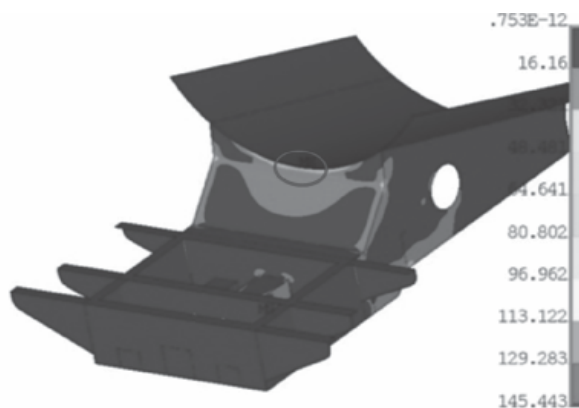
Kết quả phân tích ứng suất được đánh giá theo ứng suất tương đương Von-mises [8]:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)]} \quad (1)$$

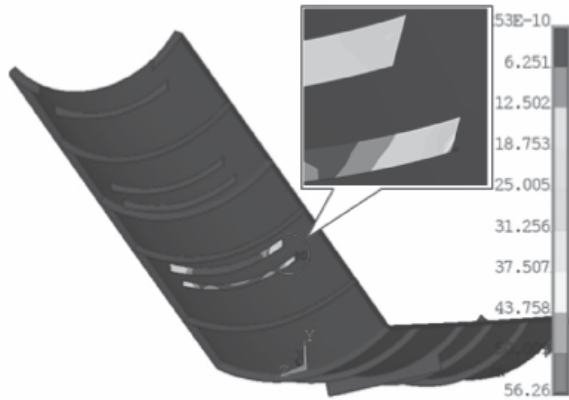
Trong đó: σ_i là các ứng suất pháp theo các phương; σ_{ij} là các ứng suất tiếp tương ứng.



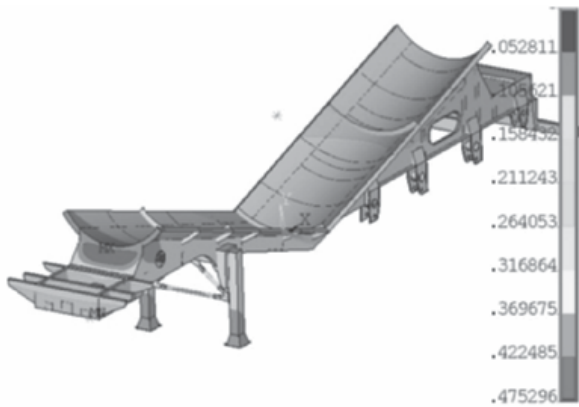
Hình 3. Phân bố ứng suất Von-mises trên dầm dọc và dầm ngang



Hình 4. Phân bố ứng suất Von-mises trên khung giá chốt moóc và tấm ốp



Hình 5. Phân bố ứng suất Von-mises trên tấm đáy bồn chứa và gân tăng cứng



Hình 6. Chuyển vị tương đương (Displacement vector sum) của kết cấu

Trên hình 3 đến hình 5 là phân bố ứng suất Von-mises trên các cụm kết cấu chịu lực chính của khung sắt-xi của xe BCTT. Đối với cụm kết cấu dầm dọc và dầm ngang (hình 3), các khu vực có ứng suất tập trung nằm ở vị trí liên kết giá đỡ nhíp và dầm dọc. Trong đó, giá trị lớn nhất nằm ở vị trí liên kết hàng giá đỡ nhíp thứ nhất với dầm dọc, $\sigma_{\max 1} \approx 167,8$ MPa. Đối với kết cấu khung giá chốt moóc và ốp trước (hình 4), khu vực có ứng suất tập trung nằm ở đường liên kết giữa tấm ốp mặt trước và tấm đáy của bồn chứa, $\sigma_{\max 2} \approx 145,4$ MPa. Đối với kết cấu tấm đáy bồn chứa và các gân tăng cứng (hình 5), khu vực có ứng suất tập trung nằm ở

vị trí các đầu gân tăng cứng liên kết với dầm dọc và tấm đáy, $\sigma_{\max 3} \approx 56,3$ MPa. Trên hình 6 là kết quả phân tích chuyển vị tương đương (Displacement vector sum) của kết cấu với khu vực có giá trị chuyển vị lớn nhất nằm ở tấm ốp, $D_{\max} \approx 0,5$ mm là rất nhỏ.

Với vật liệu chế tạo khung sắt-xi là thép Q345A, có giới hạn chảy (Yield stress) ở vùng làm việc đàn hồi, $\sigma_{S(Q345A)} \approx 345$ MPa. Có thể tính hệ số dự trữ bền thông qua công thức:

$$k_b = \frac{\sigma_{S(Q345A)}}{\sigma_{\max}} \quad (2)$$

Từ đó, ta tính được hệ số dự trữ bền nhỏ nhất tương ứng với $\sigma_{\max 1} \approx 167,8$ MPa của kết cấu khung sắt-xi, $k_{b-\min} \approx 2,06$. Với kết cấu cơ khí nói chung, giá trị hệ số dự trữ bền thường lớn hơn 1,5. Như vậy, kết cấu đảm bảo điều kiện bền.

Bên cạnh đó, việc xác định các vị trí có ứng suất tập trung là rất cần thiết cho hướng nghiên cứu tiếp theo là phân tích độ bền mỏi cho mỗi ghép hàn của kết cấu khung sắt-xi của BCTT. Vì mô hình phân tích độ bền mỏi của mỗi ghép hàn phụ thuộc vào hình dạng mỗi hàn và chiều dày tấm hàn để xác định kích thước chia lưới phân tử trong mô hình FE và khoảng cách các điểm tham chiếu khi tính toán.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng mô hình FE cho kết cấu khung sắt-xi của BCTT và tính toán kiểm tra bền cho kết cấu ở trường hợp chịu tải trọng tĩnh. Kết quả tính toán cho thấy kết cấu khung sắt-xi đảm bảo điều kiện bền với hệ số dự trữ bền $k_{b-\min} \approx 2,06$. Kết quả nghiên cứu của bài báo là cơ sở để xây dựng mô hình phân tích độ bền mỏi cho mỗi ghép hàn cho kết cấu

khung sạt-xi trong hướng nghiên cứu tiếp theo, đồng thời, có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo trong việc tính toán kết cấu BCTT, giúp các đơn vị chế tạo trong nước chủ động trong công tác thiết kế, chế tạo.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông Vận tải trong đề tài mã số T2024-CK-010: “Nghiên cứu phân tích động lực học kết cấu và đánh giá độ bền mỏi cho khung sơ-mi rơ-moóc bồn chở xi-măng rời”. ❖

Ngày nhận bài: **15/01/2024**

Ngày phản biện: **15/02/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Huy Chính (2014); *Độ bền mỏi của kết cấu thép hàn*. NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [2]. Richards K. G. (1969). *Fatigue Strength of Welded Structures*. Welding Institute, Cambridge.
- [3]. Kim J. G and Lee J. G (2012). *Static and Dynamic Finite Element Analyses of A Bulk-Cement Trailer*. Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers A, Vol. 36 (8), pp: 945-951.
- [4]. Vũ Tuấn Đạt, Nguyễn Trọng Phúc (2018); *Tính bền kết cấu sơ-mi rơ moóc-xi téc chở xi măng rời*. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, Số 64, pp: 49-55.
- [5]. Penaz J and Voltr O (2013). *Dynamic Analysis of Behavior of Three-axle Semi-trailer Road Tank Going on Special Waved Roadway*. Transportation Engineering, Vol. 41 (2), pp: 139-142.
- [6]. Vũ Tuấn Đạt, Nguyễn Văn Trung (2018); *Phân tích đặc trưng động lực học cho kết cấu sơ mi rơ moóc-xi téc chở xi măng rời*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số đặc biệt, 10/2018, pp: 102-107.
- [7]. Kim J. S and et al (2017). *Lightweight Design of a Bulk Trailer Using Topology Optimization*. Transactions of KSAE, Vol.25 (5), pp: 548-554.
- [8]. ANSYS, Inc (2013). *ANSYS Mechanical APDL Theory Reference – Release 15.0* (Edited by: Kohnke P), Published in the U.S.A.