

DỰ BÁO TUỔI THỌ MỎI CHO DẪM CẦU TRƯỚC Ô TÔ TẢI CỖ TRUNG

FATIGUE LIFE PREDICTION FOR FRONT AXLE BEAM OF MEDIUM TRUCK

TS. Vũ Tuấn Đạt

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Tải trọng do mấp mô mặt đường (RSR) làm ứng suất trong dầm cầu trước (FAB) thay đổi theo chu kỳ ngẫu nhiên. Vì vậy, cần phải tiến hành đánh giá tuổi thọ mỏi của FAB dưới tác động của RSR. Tuổi thọ mỏi của FAB trên xe tải cỡ trung được dự báo bằng phương pháp ứng suất danh nghĩa, trên cơ sở kết hợp giữa phương pháp phần tử hữu hạn và mô phỏng động lực học đa vật thể, có xem xét ảnh hưởng của vận tốc của ô tô.

Từ khóa: Dầm cầu trước; Tuổi thọ mỏi; Phương pháp ứng suất danh nghĩa; Mấp mô mặt đường; Phương pháp phần tử hữu hạn; Động lực học đa vật thể.

ABSTRACT

The dynamic load caused by the road surface roughness (RSR) produce stochastic cyclic stresses on the front axle beam (FAB). Therefore it is necessary to assessed fatigue life of FAB under excitation of RSR. The fatigue life of medium truck's FAB were predicted by using nominal stress-life approach based on the combination of finite element (FE) method and multi-body dynamics (MBD) simulation with the effects of vehicle speeds are considered.

Keywords: Front axle beam; Fatigue life; Nominal stress-life approach; Road surface roughness; Finite element method; Multi-body dynamis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi ô tô chuyển động, mấp mô mặt đường (RSR) là nguyên nhân chủ yếu gây ra tải trọng động, làm cho ứng suất trong kết cấu thay đổi theo chu kỳ ngẫu nhiên, dẫn đến kết cấu có thể bị hư hỏng do mỏi. Dầm cầu trước (FAB) của ô tô tải là kết cấu chịu chính và chịu ảnh hưởng trực tiếp từ RSR thông qua lốp. Một số công trình nghiên cứu đã đánh giá độ bền và

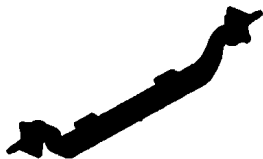
tuổi thọ mỏi của FAB khi chịu chế độ tải trọng tĩnh, mà chưa xem xét đến ảnh hưởng của RSR và vận tốc của ô tô [1,2,3].

Trong bài báo này, mô hình MBD của cầu trước ô tô tải cỡ trung HINO FG8JJSB được xây dựng với FAB được xem là vật thể đàn hồi (Flexible body) có được từ mô hình FE của FAB. Kết quả mô phỏng MBD dưới kích thích của RSR với vận tốc khác nhau của

ô tô sẽ thu được tải trọng tác dụng lên FAB, tải trọng này được xuất trở lại mô hình FE để tính toán ứng suất thay đổi theo thời gian trong kết cấu. Cuối cùng, phương pháp ứng suất danh nghĩa được sử dụng để dự báo tuổi thọ mỏi cho kết cấu FAB.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN CHO FAB

Mô hình FE của FAB của ô tô HINO FG8JJSB được xây dựng bằng phần mềm ANSYS. Sử dụng phần tử SOLID45 chia lưới hình tứ diện với thuộc tính vật liệu tương ứng thép AISI 1045 [3]. Sử dụng cặp phần tử TARGE170 và CONTA174 mô phỏng các cặp bề mặt tiếp xúc giữa các chi tiết: Chốt trụ đứng với lỗ chốt, mặt đầu lỗ chốt với mặt tựa khớp quay. Mô hình FE của FAB như trên hình 1, với 151533 phần tử và 33731 điểm nút. Trên mô hình, tạo 04 điểm nút (Interface nodes - INs) liên kết cứng với 02 bề mặt bệ đỡ nhíp và các bề mặt lắp ổ bi moay ơ ở 02 trục bánh xe. Các INs sẽ đóng vai trò là điểm liên kết với các vật thể khác trong mô hình dao động của cầu trước.



Hình 1. Mô hình FE của FAB

Sử dụng chức năng Ansys-Adams Interface trong ANSYS để phân tích đặc trưng riêng (Modal Analysis) với các điểm nút chính được chọn là các INs. Đồng thời, tạo ra tệp dữ liệu *.mnf (Modal Neutral File) có chứa các thông tin về ma trận khối lượng, ma trận độ cứng của kết cấu FAB.

3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH DAO ĐỘNG CỦA CẦU TRƯỚC

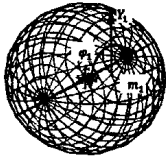
Mô hình dao động của cầu trước của ô tô được xây dựng trong phần mềm ADAMS, như hình 2. Trong mô hình, FAB được xem là vật thể đàn hồi, được tạo ra bằng cách dẫn nhập tệp dữ liệu *.mnf. Mô hình có 4 bậc tự do: Khối lượng được treo có bậc tự do tịnh tiến thẳng đứng Y_1 và lắc trong mặt phẳng ngang φ_1 , FAB có bậc tự do tịnh tiến thẳng đứng Y_2 và lắc trong mặt phẳng ngang φ_2 . Tham số mô hình được tham khảo cho trong bảng 1.

Mô phỏng RSR dựa trên cơ sở ISO 8608:1995 phân cấp mặt đường theo mật độ phổ công suất và phương pháp biến đổi ngược Fourier [4]. Các cấp mặt đường được mô phỏng bao gồm: Cấp B, cấp C, cấp D và cấp E; với vận tốc chuyển động của ô tô: 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h và 80 km/h; bước mô phỏng là 0,01 giây. Trên hình 3 là kết quả mô phỏng kích thích hai bên bánh xe ở mặt đường cấp C, với vận tốc ô tô là 40 km/h.

Bảng 1. Tham số mô hình

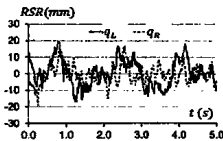
Tham số	Giá trị
m_1 : Khối lượng được treo cầu trước (kg)	5500 6,71E8
I_{X1} : Mô men quán tính (kg.mm ²)	
m_2 : Khối lượng FAB (kg)	126,3
I_{X2} : Mô men quán tính (kg.mm ²)	4,98E7
K_L : Độ cứng của lớp (N/mm)	1000
C_L : Hệ số cản của lớp (N.s/mm)	1,5
K_R : Độ cứng của nhíp một bên (N/mm)	350
C_R : Hệ số cản của giảm chấn một bên (N.s/mm)	2,5
q_L, q_R : Kích thích mặt đường bên trái và bên phải theo phương thẳng đứng (mm)	q_L (t) q_R (t)

Phần mềm ADAMS sử dụng phương pháp Craig-Bampton để mô tả biến dạng của vật thể đàn hồi. Khi mô phỏng MBD, phần mềm sẽ tự động thiết lập và giải hệ phương trình vi phân Lagrange II với các tọa độ suy rộng theo hệ tọa tuyệt đối Cartesian (x,y,z), hệ tọa độ góc Euler (φ, θ, ω) và tọa độ suy rộng nodal [5]:



Hình 2. Mô hình dao động cầu trước

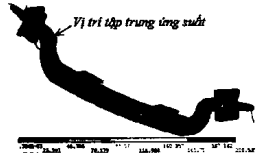
4. TÍNH ỨNG SUẤT TRONG KẾT CẤU FAB



Hình 3. Kích thích mật đường cấp C, vận tốc 40 km/h

Sau khi tiến hành mô phỏng MBD trên mô hình dao động trong ADAM, xuất tệp số

liệu tải trọng (*.lod) tác dụng lên các INs của FAB theo thời gian (bao gồm lực, mô men và các đặc trưng quán tính). Dẫn nhập tệp (*.lod) về mô hình FE của FAB để tính ứng suất theo thời gian. Xem xét đến độ lớn của tệp kết quả (*.rst), bài báo chọn 201 bước tải trọng (thời gian từ 0.5 đến 2.5 giây, bước thời gian 0,01 giây) để tiến hành tính toán.

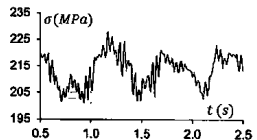


Hình 4. Phân bố ứng suất Von-mises

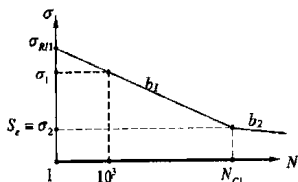
Tiến hành tính toán ứng suất ở 16 trường hợp khác nhau tương ứng với các cấp mật đường và vận tốc chuyển động của ô tô. Trên hình 4 là phân bố ứng suất Von-mises trên FAB, có thể thấy vị trí tập trung ứng suất nằm ở mặt dưới điểm uốn ở hai đầu của FAB và lỗ chốt trụ đứng. Trên hình 5 là sự thay đổi ứng suất theo thời gian của điểm nút 16415, tại vị trí tập trung ứng suất.

5. DỰ BÁO TUỔI THỌ MÔI CHO FAB

Trong bài báo này, tuổi thọ môi của FAB là tuổi thọ cho đến khi xuất hiện vết nứt môi. Bài báo ứng dụng phần mềm nCode DesignLife để tính toán theo phương pháp ứng suất danh nghĩa (Nominal stress-life).



Hình 5. Ứng suất Von-mises của điểm nút 16415



Hình 6. Quan hệ giữa σ - N

Trong phần mềm nCode DesignLife, mối quan hệ giữa ứng suất σ và số chu kỳ tuần hoàn N dẫn đến hư hỏng môi của vật liệu (đường σ - N), như hình 6. Trong đó, σ_{RL1} là độ bền môi với $N=1$; $S_e = \sigma_2$ là độ bền môi có $N_{C1}=10^6$; b_1 và b_2 là góc nghiêng của các đoạn thẳng. Khi xem xét đến độ tin cậy của chi tiết, thì đường σ - N được gọi là đường, $P\%$ - σ - N có dạng:

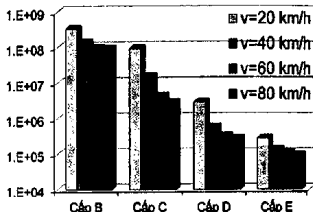
$$\lg N = a_p + b_p \lg \sigma \quad (1)$$

Với a_p và b_p là hằng số. Bài báo đề xuất xây dựng đường σ - N của vật liệu như trên hình 6, có kể đến độ tin cậy của chi tiết cơ khí là 95%. Với vật liệu AISI 1045, độ tin cậy là 95% tra bảng ta có $a_p = 20.0328$ và $b_p = -6,2818$ [3]. Từ công thức (1) sẽ tính được các giá trị $\sigma_{RL1} \approx 1545$ Mpa và $\sigma_2 \approx 171$ MPa, phần mềm nCode DesignLife sẽ tự động tính toán các hệ số b_1 và b_2 [6].



Hình 7. Phân bố tuổi thọ môi của FAB

Dẫn nhập tệp kết quả (*.rst) vào phần mềm nCode DesignLife để tính tuổi thọ môi cho FAB. Trên hình 7 là phân bố tuổi thọ môi của FAB, có thể thấy các vị trí tập trung ứng suất cũng là nơi có tuổi thọ môi thấp. Tuổi thọ môi thấp nhất cho 16 trường hợp như trên biểu đồ hình 8, khi mấp mô mặt đường và vận tốc chuyển động ô tô tăng thì tuổi thọ môi của FAB giảm.



Hình 8. Tuổi thọ môi thấp nhất của FAB ở các trường hợp khác nhau

Đối với chi tiết máy, nếu $N \geq 10^6$ thì coi như không bị phá hủy do môi. Vì vậy, khuyến cáo hạn chế cho xe hoạt động ở các trường hợp có tuổi thọ môi $N < 10^6$ (đường cấp D với vận tốc từ 40 km/h, cấp E với vận tốc từ 20 km/h). *

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã kết hợp phương pháp FE, mô phỏng MBD với vật thể đàn hồi và phân tích theo ứng suất danh nghĩa để tính toán tuổi thọ môi của FAB dưới kích thích của RSR ngẫu nhiên, có xem xét đến ảnh hưởng của vận tốc ô tô và độ tin cậy của chi tiết. Từ đó đưa ra khuyến cáo hạn chế cho xe hoạt động ở một số trường hợp có tuổi thọ môi $N < 10^6$. ❖

Ngày nhận bài: 05/01/2017

Ngày phản biện: 17/02/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ruban M and Sivaganesan S (2016); *Design Analysis And Optimization Of Front Axle For Commercial Vehicle Using CAE*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol 11 (13), pp:8511-8516.
- [2]. Aghav H. L and Walame M. V (2016); *Stress Analysis and Fatigue Analysis of Front Axle of Heavy-Duty Truck using ANSYS Ncode Design Life for Different Loading Cases*. International Journal of Engineering Research and Application, Vol 6(6)-Part 2, pp: 78-82.
- [3]. Zhang M, Fei X and Li L. J (2016). *A Research on Fatigue life of Front Axle Beam for Heavy-Duty Truck*. *Advances in Engineering Software*, Vol 91, pp: 63-68.
- [4]. 编委会 (1994). 机械工程材料性能数据手册. 北京: 机械工业出版社.
- [5]. Liu X.D, Deng Zh.D and Gao F (2003); *Research on The Method of Simulating Road Roughness Numerically*. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Vol 29(09), pp: 843-846.
- [6]. MSC Software Corporation of MDI (2002). *ADAMS/Flex-Theory of Flexible Bodies*. Printed in the United States of America.
- [7]. HBM-nCode (2010). *ANSYS 13.0 nCode DesignLife – Theory Guide*. Printed in United Kingdom.