

Thiết kế cải tiến kết cấu xe ô tô khách thỏa mãn điều kiện an toàn va chạm trực diện

• Nguyễn Thành Tâm

Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 13 tháng 7 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 16 tháng 10 năm 2015)

TÓM TẮT

Dựa vào tiêu chuẩn ECE R94, ECE R66; ứng dụng phần mềm LS – DYNA xây dựng mô hình phần tử hữu hạn và mô phỏng phân tích tính an toàn kết cấu đầu ô tô khách khi xảy ra va chạm trực diện. Căn cứ vào vấn đề tồn tại kết cấu đầu xe, tiến hành đưa ra các phương án thiết kế cải tiến, đồng thời mô

phỏng kiểm nghiệm tính năng an toàn kết cấu. Kết quả mô phỏng cho thấy, kết cấu đầu xe sau khi cải tiến thỏa mãn được điều kiện an toàn. Tuy nhiên, thiết kế bộ hấp thụ năng lượng đặt trước đầu xe thì gia tốc va chạm giảm, tăng tính năng an toàn cho hành khách.

Từ khóa: va chạm trực diện; kết cấu ô tô khách; phân tích mô phỏng, hấp thụ năng lượng

1. LỜI NÓI ĐẦU

Cùng với phát triển kinh tế xã hội của đất nước, mạng lưới giao thông công cộng ngày càng được phát triển, số lượng phương tiện giao thông đường bộ tăng trưởng không ngừng từng năm. Do đó, hiện trạng ùn tắc giao thông diễn ra hàng ngày, đặc biệt là tai nạn giao thông làm cho thiệt hại về con người và kinh tế nghiêm trọng. Ước tính mỗi năm có khoảng hơn 12.000 người tử nạn do tai nạn giao thông đường bộ gây ra, đặc biệt là ô tô khách va chạm trực diện làm cho nhiều hành khách thương vong cùng lúc. Do đó, thiết kế tính an toàn kết cấu ô tô khách khi xảy ra va chạm trực diện trở thành điểm nóng nghiên cứu. Tác giả Nguyễn Quang Anh đã nghiên cứu động lực học và độ bền của khung vỏ ô tô khi va chạm trực diện và đề xuất kiến nghị để hoàn thiện kết cấu khung vỏ, tuy nhiên chưa thực hiện các cải tiến liên quan [1]. Tác giả Muhammand Aamir Hasan đã nghiên cứu phân tích so sánh sự biến dạng kết cấu và thiệt hại về người ngồi trong xe khi xảy ra

va chạm trực diện vào mặt tường và cây cột, tuy nhiên không đề xuất hoặc cải tiến nhằm giảm tổn thương con người [2]. Tác giả Nguyễn Thành Tâm đã nghiên cứu thiết kế tối ưu hóa kết cấu khung xương và sát xi ô tô khách, nhưng chưa có nghiên cứu cải tiến kết cấu đầu ô tô khách [3]. Tác giả Zhang Weigang nghiên cứu thiết kế cải tiến khung xương và sát – xi xe khách khi xảy ra va chạm trực diện bằng cách thiết kế bộ hấp thụ năng lượng loại ống thép, tuy nhiên sự va đập, gia tốc và ứng suất lớn dễ phá vỡ kết cấu sát – xi xe khách [4]. Nghiên cứu này ứng dụng phần mềm LS-DYNA xây dựng mô hình phân tích phần tử hữu hạn và mô phỏng tính an toàn kết cấu đầu ô tô khách khi xảy ra va chạm trực diện, trên cơ sở tồn tại kết cấu tiến hành cải tiến đảm bảo an toàn, đồng thời thiết kế bộ hấp thụ năng lượng va chạm đặt trước đầu xe nhằm giảm lực va đập, giảm được tổn thương hành khách khi xảy ra va chạm trực diện.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHÂN TÍCH TÍNH AN TOÀN CỦA XE KHÁCH VÀ CHẠM TRỰC DIỆN

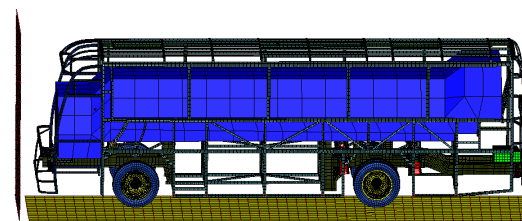
Dựa vào mô hình CAD 3D ô tô khách từ nhà sản xuất, sử dụng phần mềm HYPERWORKS trong môi trường LS – DYNA tiến hành xây dựng mô hình phần tử hữu hạn phân tích tính năng an toàn ô tô khách. Để cho việc tính toán tin cậy và mô phỏng nhanh, kết cấu mô hình xe khách được chia lưới dạng vuông có kích cỡ 20 mm, sau khi chia lưới xong tiến hành kiểm tra chỉnh sửa chất lượng lưới nhằm giảm thiểu mất mát năng lượng, tăng độ chính xác trong quá trình mô phỏng. Các thanh kết cấu được liên kết với nhau bằng cùng tiếp điểm, nếu không liên kết được cùng tiếp điểm thì tiến hành hàn kết cấu. Sắt – xi với cầu xe được liên kết bằng phương thức CONSTRAINED_EXTRA_NODES_OPTION. Các bộ phận có khối lượng như hành khách, ghế ngồi, hành lý, thùng nhiên liệu, ắc quy, hệ thống điều hòa không khí, cửa kính, động cơ... thì gán khối lượng cho mô hình. Sau khi chia lưới xong tiến hành chọn vật liệu, thiết lập thuộc tính vật liệu. Kết cấu khung xương sử dụng sắt Q235, kết cấu sắt – xi sử dụng sắt Q345, thuộc tính vật liệu như ở bảng 1 [3].

Bảng 1: Thuộc tính vật liệu

Tên	Mô đun đàn hồi (GPa)	Hệ số Poisson	Khối lượng riêng (kg/mm ³)	Ứng suất giới hạn (MPa)
Q345	210	0,3	$7,85 \cdot 10^{-6}$	345
Q235	210	0,3	$7,85 \cdot 10^{-6}$	235

Mặt tường va chạm, mặt đất đặt xe sử dụng vật liệu cứng để mô phỏng. Tiếp xúc giữa các kết cấu trong xe sử dụng AUTOMATIC_SINGER_SURFACE để thiết lập; tiếp xúc giữa các kết cấu của xe với mặt đường, kết cấu xe với tường va chạm sử dụng AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE để thiết lập, hệ số ma sát là 0.5. Gia tốc trọng trường là $g = 9.8m/s^2$, vận tốc mô phỏng va chạm trực

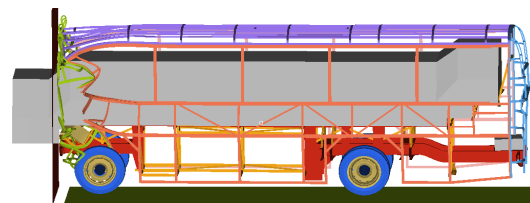
diện là 50 km/giờ. Mô hình phần tử hữu hạn ô tô khách sau khi xây dựng như ở hình 1.



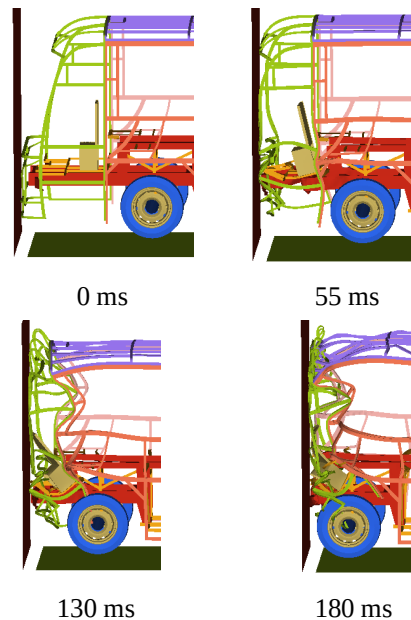
Hình 1: Mô hình phần tử hữu hạn kết cấu xe khách

3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Dùng phần mềm LS-DYNA mô phỏng phân tích động thái kết cấu đầu ô tô khách trong quá trình va chạm trực diện, thời gian mô phỏng là 180 ms, tốc độ va chạm là 50 km/h, kết quả mô phỏng được thể hiện ở hình 2. Hình 2 cho thấy, tại lúc 180 ms kết cấu đầu ô tô khách biến dạng rất lớn, gây nên thương vong cho tài xế và hành khách.



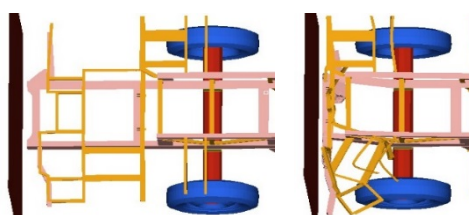
Hình 2: Hình biến dạng kết cấu ở 180 ms



Hình 3: Quá trình biến dạng kết cấu

Quá trình biến dạng kết cấu tương ứng với thời gian được thể hiện ở hình 3, kết quả cho thấy, kết cấu phần đầu ô tô khách biến dạng lớn, gần như không còn không gian sống của tài xế và xâm lấn vào không gian hành khách.

Từ hình 4b cho thấy, sau khi va chạm trực diện kết cấu sắt – xi đầu xe biến dạng rất lớn, gần như biến dạng hết đoạn trước sắt – xi xe. Có thể kết luận rằng kết cấu sắt – xi phần đầu xe được thiết kế không đủ độ bền khi xảy ra va chạm trực diện, nguy hiểm cho tài xế và hành khách.



(a) Trước biến dạng (b) Sau biến dạng

Hình 4: Kết cấu sắt – xi phần đầu xe trước và sau biến dạng

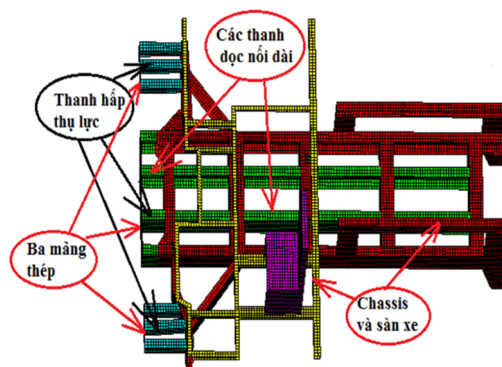
4. CẢI TIẾN KẾT CẤU ĐẦU XE

4.1. Cải tiến kết cấu thỏa mãn điều kiện an toàn và va chạm trực diện

Do kết cấu thiết kế ban đầu có độ cứng quá yếu, dẫn đến không chịu được lực va chạm, làm cho kết cấu biến dạng nhiều, cụ thể kết cấu sắt – xi phần đầu xe trước và sau biến dạng được thể hiện ở hình 4. Do đó, cần tiến hành cải tiến gia cố kết cấu và mô phỏng kiểm nghiệm kết cấu đạt tiêu chuẩn an toàn và va chạm trực diện, các kết cấu được gia cố cụ thể như ở hình 5, được thể hiện như sau.

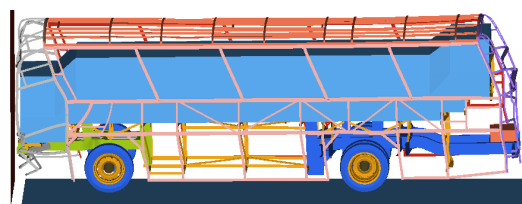
Gia cố thêm các thanh dọc giữa liên kết với sắt – xi đầu xe, độ dày 7.0 mm; 02 thanh xéo, độ dày 10 mm. Tăng độ dày sắt – xi phần đầu xe từ 8.0 mm lên 11 mm, sàn đầu xe từ 4.0 mm lên 5.0

mm. Để tăng khả năng hấp thụ một phần năng lượng va chạm, thiết kế 6 thanh hấp thụ phía trước với độ dày 6.0 mm.



Hình 5: Cải tiến kết cấu đầu xe

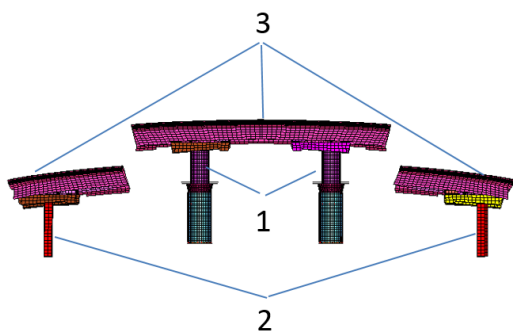
Sau khi cải tiến tiến hành mô phỏng kiểm nghiệm, kết quả mô phỏng cho thấy, kết cấu đầu xe sau khi cải tiến thỏa mãn điều kiện an toàn và va chạm trực diện, được thể hiện ở hình 6.



Hình 6: Kết cấu đầu xe sau cải tiến

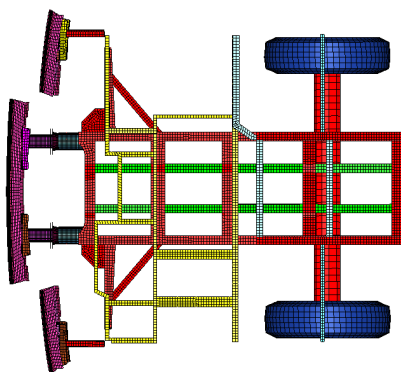
4.2. Cải tiến tăng hấp thụ năng lượng và va chạm trực diện

Nhằm tăng tính năng an toàn cho hành khách khi xe xảy ra va chạm trực diện, nghiên cứu này đề xuất cơ cấu hấp thụ năng lượng va chạm, kết cấu cơ khí hấp thụ năng lượng được thể hiện ở hình 7. Một cơ cấu hấp thụ năng lượng đặt trước đầu xe được thiết kế bao gồm các ống giảm chấn được biểu thị số 1, thanh giảm chấn được biểu thị số 2, cản trước giảm chấn được biểu thị số 3.



Hình 7: Cơ cấu hấp thụ năng lượng

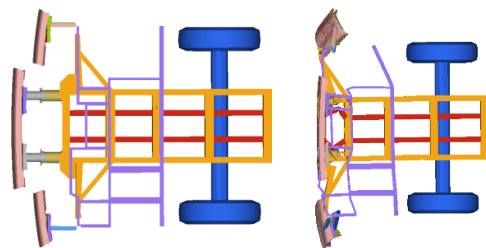
Bộ hấp thụ năng lượng đầy đủ được thể hiện ở hình 8, khi xe không xảy ra va chạm thì cơ cấu được điều khiển lùi về phía trong đầu xe, hình dạng đầu xe lúc này giống như xe bình thường; khi xe có nguy cơ xảy ra va chạm thì hệ thống điều khiển bộ cân giảm chấn ở giữa tiến về phía trước thông qua hai ống giảm chấn số 2.



Hình 8: Cơ cấu hấp thụ năng lượng đặt ở đầu xe

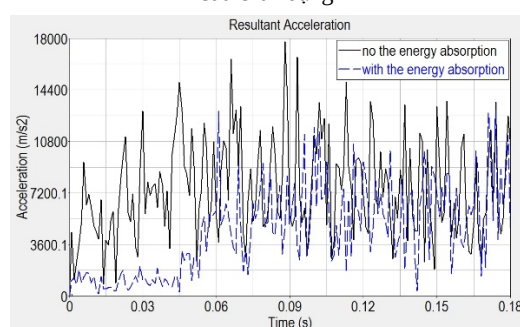
Tiến hành mô phỏng kiểm nghiệm khả năng hấp thụ năng lượng của cơ cấu, kết quả mô phỏng được thể hiện ở hình 9 và hình 10. Từ hình 9 và hình 10 cho thấy, sau khi va chạm kết cấu biến dạng đồng bộ, khả năng hấp thụ năng lượng va chạm khá. Gia tốc đo tại trọng tâm xe cho thấy, khi xe chưa lắp đặt cơ cấu hấp thụ năng lượng thì gia tốc là $17,7.10^3 \text{ m/s}^2$, khi xe lắp đặt cơ cấu hấp

thụ năng lượng thì gia tốc là 13.10^3 m/s^2 , giảm 26% so với không lắp đặt bộ hấp thụ năng lượng.



(a) Trước biến dạng (b) Sau biến dạng

Hình 9: Cơ cấu hấp thụ năng lượng đầu xe trước và sau biến dạng



Hình 10: Đồ thị so sánh gia tốc trọng tâm xe có và không có bộ hấp thụ năng lượng

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này dựa vào tiêu chuẩn ECE R94, ECE R66 tiến hành nghiên cứu tính năng an toàn kết cấu đầu xe khách khi xảy ra va chạm trực diện. Thông qua mô phỏng phân tích cho thấy, kết cấu đầu xe không bảo đảm an toàn, sau đó tiến hành cải tiến kết cấu, đồng thời mô phỏng kiểm nghiệm, kết cấu đầu xe thỏa mãn an toàn theo tiêu chuẩn. Để nâng cao tính năng an toàn, giảm tổn thương cho hành khách, thiết kế cơ cấu hấp thụ năng lượng đặt trước đầu xe. Kết quả phân tích mô phỏng cho thấy, khi lắp thêm bộ hấp thụ năng lượng va chạm thì gia tốc va chạm giảm 26.5%.

Improvement design of bus structure to satisfy frontal safety

• **Nguyen Thanh Tam**

University of Industry, Ho Chi Minh City

ABSTRACT

The finite element model of bus was developed and LS – DYNA software was used to simulate structural safety of the bus when frontal impact happens. Based on the existing problems of the bus front structure, some improving methods for the bus structure were proposed, and simulation

testing was conducted. Simutaion results showed that, the bus structure to satisfy safety condition. However, the collision engergy absorption of bus front structure was designed, as a results the collision acceleration was decreased, and passengers safety were increased.

Key words: fronal impact; bus structure; simulation analysis, energy absorption

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Quang Anh, Nghiên cứu động lực học và độ bền của khung vỏ ô tô khi va chạm trực diện, Học Viện Kỹ Thuật Quân Sự, Hà Nội, 2007.
- [2]. Muhammad Aamir Hassan, Comparison of structural damage and occupant injuries corresponding to a vehicle collision onto a pole versus a flat barrier, Bachelor of Engineering, N.E.D. University of Engineering and technology Karachi, Pakistan, 2002.
- [3]. Nguyễn Thành Tâm, Thiết kế tối ưu hóa kết cấu khung xương và sắt – xi ô tô khách. Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, 31(2015): 29-35.
- [4]. Zhang Weigang, Simulation of bus safety body structure, Trường Đại Học Hồ Nam, Trung Quốc, 2006.