

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG VA CHẠM VÀ LẬT NGHIÊNG KHUNG XƯƠNG Ô TÔ BUÝT LIÊN KHỐI DƯỚI TẢI TRỌNG ĐỘNG

NGUYỄN VĂN SỸ, NGUYỄN THÀNH TÂM

*Khoa Công nghệ Động lực, trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh
nguyenvansy@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Rất cần thiết xem xét tính hiệu quả độ bền và độ an toàn sau khi xảy ra va chạm của khung xe, điều mà sự biến dạng cấu trúc khung xe tác động đến tính mạng của hành khách. Do đó, độ cứng vững của khung xe buýt là điều đầu tiên và cần được xem xét. Bài báo này trình bày một phương pháp phân tích phần tử hữu hạn để thiết kế cấu trúc khung xương liền khối của xe buýt nhằm giảm tổn thương trong tai nạn trực diện và lật nghiêng khi trọng lượng của xe buýt được cố định. Đầu tiên, phân tích tình trạng va chạm trực diện của khung xương sắt-xi liền khối với tốc độ xe là 50 km/h. Biến dạng toàn bộ đầu xe nằm trong phạm vi an toàn, thỏa mãn điều kiện an toàn va chạm trực diện. Kế tiếp là phân tích lật nghiêng được thực hiện theo các quy tắc an toàn của tiêu chuẩn châu Âu (ECE-R66). Kết quả cho thấy không gian sống sót của người lái xe và hành khách được thỏa mãn theo điều kiện va chạm trực diện phía trước và lật nghiêng.

Từ khóa: cấu trúc xe buýt, phần tử hữu hạn, mô phỏng, phân tích động lực học.

A STUDY ON THE CRASHWORTHINESS AND ROLLOVER OF MONOCOQUE BUS FRAME UNDER DYNAMIC IMPACT

Abstract. It is important to consider the performances of strength and safety after the accident that the deforming superstructure seriously threatens the lives of the passengers. Thus, the stiffness of the bus frame is the first thing that needs to be considered. This paper presents an finite-element analysis method with which to design the monocoque bus frame for a reduction in occupant injuries from frontal crashworthiness and rollover accident while the weight of the strengthened bus is maintained at the same level. First, the crash condition of the monocoque bus frame was a frontal crashworthiness with a speed of 50 km/h. The entire front-end deformation is within the safe range, satisfying the safety conditions of direct collision. Then, rollover accident analysis was done according to the safety rules of the European standards (ECE-R66). The finite element model of the monocoque bus frame is verified against the experiment method which showed a pretty good agreement. The results showed that the survival spaces for the driver and passengers were secured against frontal crashworthiness and rollover of the monocoque bus frame.

Keywords: bus frame, finite element, simulation, dynamic analysis.

1. GIỚI THIỆU

Với sự phát triển công nghiệp và sự gia tăng nhanh số lượng các phương tiện giao thông vận tải, đặc biệt là phương tiện giao thông công cộng bằng xe buýt, các nhà sản xuất ô tô trong nước đã cung cấp ra thị trường hàng nghìn xe buýt các loại. Nhưng trước những cơ hội mới từ nhu cầu đi lại bằng phương tiện công cộng gia tăng theo hàng năm và cánh cửa hội nhập quốc tế mở cửa, các nhà máy sản xuất ô tô đều có những hoạt động đầu tư mạnh mẽ, trong đó phần lớn được sử dụng trên các phương tiện ô tô buýt.

Thaco và các nhà máy sản xuất ô tô trong nước không nằm ngoài quy luật phát triển chung của cả nước. Việc phát triển sản xuất các loại ô tô buýt từ 29 đến 50 chỗ ngồi là yếu tố cần thiết, góp phần giảm ùn tắc giao thông, giúp các công ty sản xuất ô tô trong nước nội địa hóa hệ khung xương sắt-xi ô tô. Tuy nhiên, do hạn chế về kỹ thuật ô tô trong nước mà các loại phương tiện giao thông trong nước sử dụng chủ yếu là nhập nguyên chiếc, hoặc nhập các linh phụ kiện từ các hãng sản xuất ô tô nước ngoài về lắp ráp nhưng không thực hiện các tính toán tính năng an toàn theo tiêu chuẩn, làm cho tính năng an toàn của các loại ô tô khách chưa có, rất nguy hiểm đến tính mạng của hành khách khi xảy ra va chạm.

Liên quan đến tính toán thiết kế khung xương xe buýt nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới đã thực hiện tuy nhiên việc tính toán động học là một việc rất khó khăn. Gần đây tác giả Pathawee Kunakorn-ong và

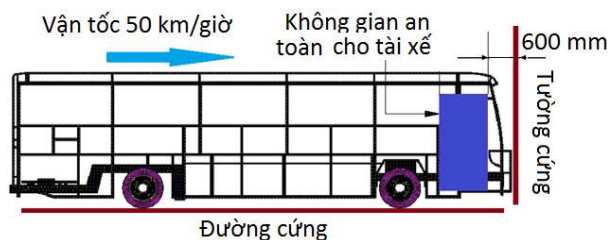
Pattaramon Jongpradist sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn phân tích các trạng thái tĩnh kết cấu thân xe khách [1-2]; tác giả Liu Jiang tối ưu hóa kết cấu ô tô khách trên cơ sở phân tích hình thái dao động kết cấu [3]. Đối với nước ta, các nhà nghiên cứu chỉ nghiên cứu thiết kế cải tiến, hoán cải khung xương và sát-xi ô tô và chủ yếu tập trung tính toán mô phỏng trạng thái bền tĩnh, trong khi đó các nghiên cứu cơ bản và ứng dụng liên quan tới tính năng động học của ô tô (bao gồm va chạm trước, sau, hông, lật đổ, vv...) vẫn còn mới mẻ. Tác giả Trần Hữu Nhân nghiên cứu tính toán tối ưu hóa kết cấu thân xe buýt, tuy nhiên chưa đánh giá độ tin cậy hàm mục tiêu và hàm điều kiện, do đó chưa thể hiện được độ tin cậy trong quá trình tối ưu hóa [4]; tác giả Nguyễn Thành Tâm tối ưu hóa kết cấu khung xương và sát-xi ô tô khách, tuy nhiên việc nghiên cứu kết cấu khung xương sát xi sát-xi liên khối cho xe 29/34 chỗ chưa thực hiện [5]; Tác giả Nguyễn Quang Anh nghiên cứu tính toán động lực học của ô tô và độ bền của khung xương khi ô tô xảy ra va chạm trực diện, chưa thực hiện nghiên cứu bền tĩnh kết cấu khung xương sát xi liên khối chịu lực [6].

Trong thời gian gần đây, tác giả Nguyễn Thành Tâm đã dựa vào tiêu chuẩn an toàn châu Âu nghiên cứu cải tiến, tối ưu hóa kết cấu, đồng thời nghiên cứu tổn thương hành khách khi xe xảy ra lật nghiêng [7-9] được thực hiện dựa trên phương pháp gia cố các góc giao nhau khung hông xe của tác giả Yu-Cheng Lin và Tomás Wayhs Tech [10-11]. Bài báo này nhóm tác giả thực hiện dựa trên phương pháp gia cố thay đổi bề dày vật liệu tại các điểm yếu trên kết cấu. Kết quả cho thấy không gian an toàn của người lái xe và hành khách được thỏa mãn theo điều kiện va chạm trực diện phía trước và lật nghiêng. Kết quả nghiên cứu cũng thấy rõ phương pháp phân tích phần tử hữu hạn để thiết kế cấu trúc khung xương xe là khá chính xác, là điều kiện đầy nhanh lộ trình nội địa hóa sản phẩm trong nước đạt tiêu chuẩn quốc tế. Đó cũng là lý do chính để nhóm tác giả tài lựa chọn nghiên cứu này.

2. CƠ SỞ PHÂN TÍCH

2.1. Va chạm trực diện

Chuẩn ECE R29 là đảm bảo không gian an toàn cho tài xế không bị xâm phạm vào khi xảy ra va chạm trực diện [12]. Điều này có nghĩa là không có bộ phận nào của xe ở bên ngoài không gian an toàn của tài xế xen vào không gian tài xế và tất cả các bộ phận của xe trong không gian an toàn của tài xế văng ra ngoài. Khoảng không gian đó được quy định là từ ghế ngồi của tài xế tính về phía trước đầu xe là 600mm. Mô phỏng va chạm trực diện bằng cách cho mô hình xe chạy với vận tốc 50 km/giờ trên nền đường cứng và tông trực diện vào bức tường cứng hoàn toàn như hình 1. Để giảm thời gian tính toán khi phân tích, khoảng cách từ bức tường đến đầu xe là 10mm. Mô hình của xe khách được xây dựng dựa trên một mô hình xe khách 2D do một công ty sản xuất xe khách trong nước thực hiện, có khối lượng 13.250 kg, chiều dài của xe 12m.



Hình 1. Mô hình phần tử hữu hạn của kết cấu xe khách va chạm trực diện.

Dựa vào bản vẽ Cad 2D của mô hình xe khách do nhà sản xuất cung cấp, xây dựng mô hình xe khách 3D trên phần mềm Inventor. Sau đó sử dụng phần mềm Hyperworks trong môi trường LS-dyna xây dựng mô hình phần tử hữu hạn phân tích ô tô khách. Để việc tính toán tin cậy và mô phỏng nhanh, kết cấu ô tô khách được chia lưới dạng vuông có kích cỡ 20mm. Sau khi chia lưới tiến hành kiểm tra chỉnh sửa chất lượng lưới nhằm tăng độ chính xác trong quá trình mô phỏng và giảm thiểu mất mát động năng. 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. Sát-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... được gán khối lượng cho mô hình. Kế đến chọn vật liệu, thiết lập thuộc tính và gán điều kiện biên cho mô hình. Kết cấu khung xương sử dụng sắt Q235, kết cấu sắt-xi sử dụng sắt Q345, thuộc tính vật liệu như Bảng 1.

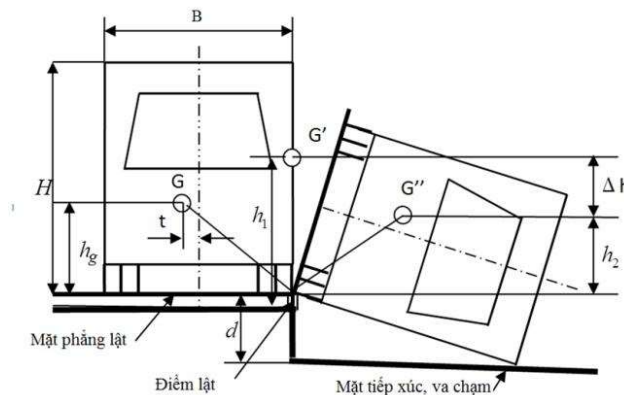
Mặt đất đặt xe và bức tường va chạm được sử dụng vật liệu cứng để mô phỏng. Tiếp xúc giữa các kết cấu trong xe sử dụng automatic singer surface để thiết lập; tiếp xúc giữa các kết cấu của xe với mặt đường, kết cấu của xe với tường cứng va chạm sử dụng automatic surface to surface để thiết lập, hệ số ma sát là 0,5, vận tốc mô phỏng va chạm là 50km/h.

Bảng 1. Đặc tính vật liệu

Vật liệu	Mô đun đàn hồi (GPa)	Hệ số poisson	Khối lượng riêng (kg/mm ³)	Ứng suất giới hạn (GPa)
Thép Q235	210	0,3	7,85.10 ⁻⁶	0.235
Thép Q345	210	0,3	7,85.10 ⁻⁶	0.386

2.2. Va chạm lật nghiêng

Khi xe khách bị lật, sự va chạm bắt đầu diễn ra với vận tốc góc ban đầu của toàn bộ khung xương xe với mặt đường. Dựa theo tiêu chuẩn ECE R66 [13], giả định mặt phẳng xe đứng yên, khoảng cách chênh lệch với mặt phẳng va chạm là 800 mm có trọng tâm là G và không chịu tác dụng của ngoại lực. Cho mặt phẳng này xoay quanh điểm lật với vận tốc góc $< 5^0/s$ hay 0,087 (rad/s), trọng tâm xe sẽ thay đổi từ vị trí G' đến vị trí G'', tương ứng với góc nghiêng β thì xe bắt đầu xảy ra lật nghiêng với vận tốc góc ban đầu $\omega_0 \approx 0$ (rad/s). Vận tốc góc sẽ gia tăng dần theo sự thay đổi trọng tâm từ vị trí G' đến G'' như hình 2 chính là thời điểm xe bắt đầu lật đến thời điểm bắt đầu xảy ra va chạm với mặt đường. Vận tốc góc lúc bắt đầu xảy ra va chạm với mặt đường được tính theo công thức (4).



Hình 2. Sự thay đổi trọng tâm khi lật

Trong đó:

$h_g = 1264$ mm: chiều cao trọng tâm so với mặt phẳng khi xe đứng yên

$h_1 = 1130$ mm: chiều cao trọng tâm so với mặt phẳng lật khi xe bắt đầu lật

$h_2 = 751$ mm: chiều cao trọng tâm so với mặt phẳng lật khi xe va chạm

$H = 3150$ mm: chiều cao xe

$B = 2400$ mm: chiều rộng xe

$d = 800$ mm: khoảng cách giữa mặt phẳng lật và mặt tiếp xúc va chạm

t : khoảng cách giữa trọng tâm so với mặt phẳng dọc của xe

G, G', G'': lần lượt là các vị trí trọng tâm khác nhau của xe trong quá trình lật

Khi bắt đầu quá trình lật xe chỉ chịu tác dụng của gia tốc trọng trường và không có vận tốc góc ban đầu.

Năng lượng sinh ra khi trọng tâm nằm tại vị trí G' chỉ bao gồm thế năng:

$$E_{G'} = Mgh_1 + \frac{1}{2}J\omega_0^2 = Mgh_1 \quad (\text{với: } \omega_0 = 0) \quad (1)$$

Khi xảy ra va chạm với mặt đường lúc này ngoài tác động của gia tốc trọng trường xe còn chịu tác động của vận tốc góc ban đầu. Năng lượng sinh ra khi trọng tâm nằm tại vị trí G'' bao gồm thế năng và động năng:

$$E_{G''} = Mgh_2 + \frac{1}{2}J\omega^2 \quad (2)$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng từ trạng thái bắt đầu lật cho đến khi xảy ra va chạm cho phương trình (2.1) và (2.2):

$$E_{G'} = E_{G''} \Leftrightarrow M \cdot g \cdot h_1 = M \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2}J\omega^2 \quad (3)$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2M \cdot g \cdot (h_1 - h_2)}{J}} = \sqrt{\frac{2M \cdot g \cdot \Delta h}{J}} \quad (4)$$

Với:

$M = 8123$ (kg): khối lượng toàn tải của xe

$g = 0.00981$ mm/ms²: gia tốc trọng trường

J : mô men quán tính chuyển động quay

$h_1 - h_2 = 397$ mm: độ thay đổi trọng tâm lớn nhất

Để tính toán giá trị của nó, chúng ta dựa trên dữ liệu xuất ra ở phần mềm LS-DYNA, giá trị thông số động lực học của quá trình lật như bảng 2:

Bảng 2: Thông số của quá trình lật

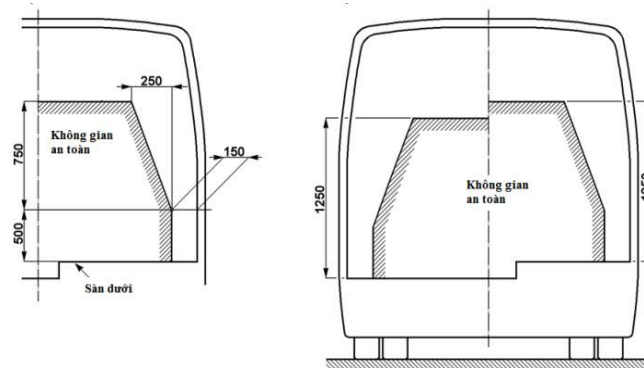
	Động năng (J)	Moment quán tính (kg.mm ²)	Vận tốc góc khi va chạm (rad/ms)
Giá trị	4503	9006.106	$2.58 \cdot 10^{-3}$

Không gian an toàn trong tiêu chuẩn ECE R66 là không gian tự do bên trong xe của tất cả hành khách cũng như tài xế. Điểm chính của tiêu chuẩn này là quy định trong lúc thí nghiệm và sau khi thí nghiệm, kết cấu khung xương ô tô khách phải đảm bảo đủ độ cứng và yêu cầu cụ thể như sau:

Sự chuyển vị bất kỳ bộ phận nào khung xương không được xâm nhập vào không gian an toàn;

Bất kỳ bộ phận nào trong không gian an toàn đều không cho phép lồi ra bên ngoài kết cấu khung xương sau biến dạng;

Nếu xảy ra điều ngược lại thì sự va chạm đã làm ảnh hưởng và gây tổn thương con người. Do đó, nó là cơ sở để xem xét tính an toàn khi xảy ra va chạm và kết luận kết cấu khung xương xe có đạt bền vững chắc hay không.

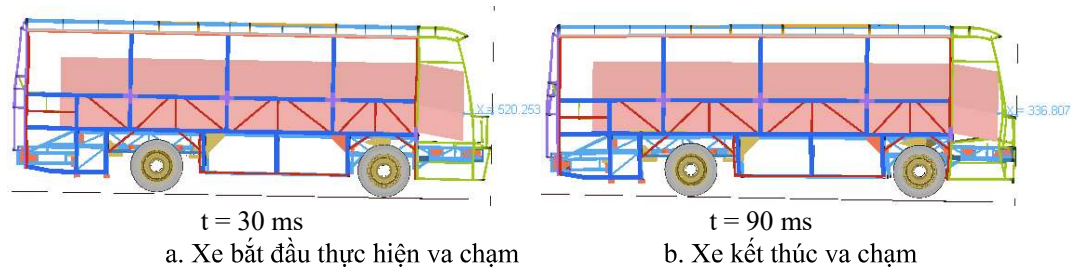


Hình 3. Không gian an toàn theo mặt cắt ngang khung xe

3. CÁC KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

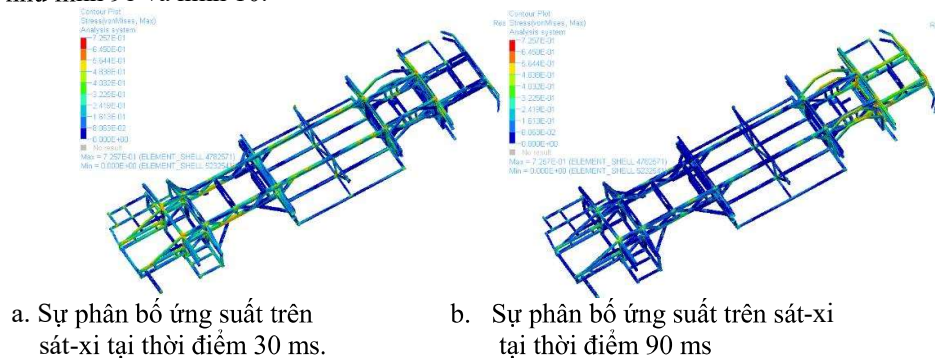
3.1. Khảo sát khả năng chịu lực của xát xi ô tô khi va chạm trực diện

Quá trình mô phỏng với tổng thời gian 90 ms, khoảng thời gian để xuất dữ liệu 6 ms/lần. Chi tiết quá trình mô phỏng quá trình va chạm trực diện tại thời điểm 30 ms là lúc đầu xe bắt đầu va chạm với tường cứng, khoảng cách khung an toàn với tường cứng theo chiều dọc là 520,253 mm như hình 8a. Sau thời gian 90 ms xe kết thúc va chạm, khoảng cách khung an toàn với tường cứng theo chiều x là 336,807 mm như hình 8b. Xét hai thời điểm va chạm trên, tổng khoảng biến dạng của hệ khung xe là 183.446 mm. Khoảng biến dạng này không ảnh hưởng đến khoảng không gian an toàn của tài xế.

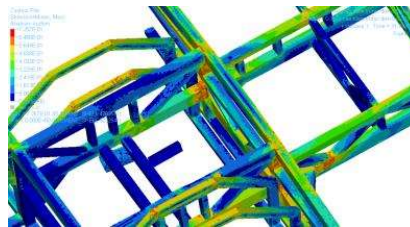


Hình 8: Quá trình va chạm trực diện

Sát-xi và cấu trúc khung xương phía trước đầu xe không có biến dạng lớn. Hình 9a cho thấy khi va chạm xảy ra, sự phân tán ứng suất trên toàn bộ khung xương xe. Tuy nhiên đến cuối quá trình va chạm thì phần lớn ứng suất tập trung tại phần trước khung xương xe, biến dạng cục bộ xuất hiện trên sát-xi phía trước cầu trước xe như hình 9b và hình 10.



Hình 9: Sự phân bố ứng suất trong quá trình va chạm



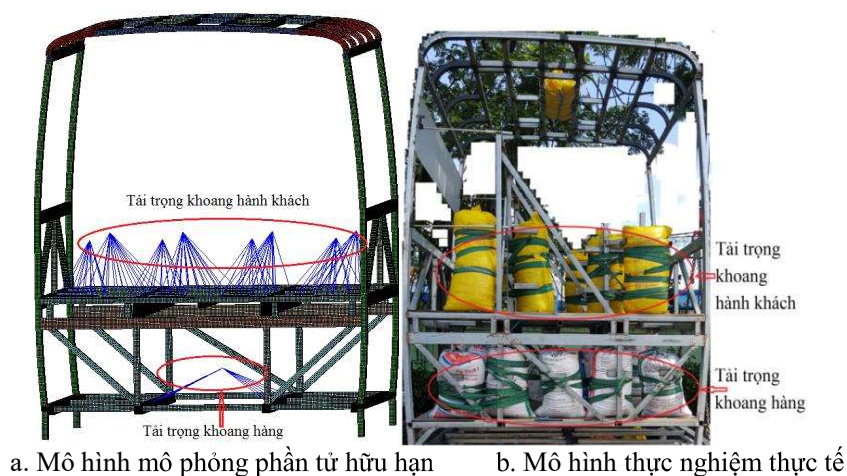
Hình 10: Biến dạng cục bộ trên sát-xi phía trước cầu trước

Kết cấu đầu xe khá cứng vững, biến dạng nhỏ, biến dạng toàn bộ đầu xe nằm trong phạm vi an toàn, thỏa mãn điều kiện an toàn và va chạm trực diện. Biến dạng cục bộ chủ yếu tập trung ở vị trí liên kết các thanh thép, điều này lưu ý khi gia công phải xem xét về hiệu quả của mối hàn.

3.2. Khảo sát khả năng chịu lực và cải tiến sát-xi ô tô khi va chạm lật nghiêng

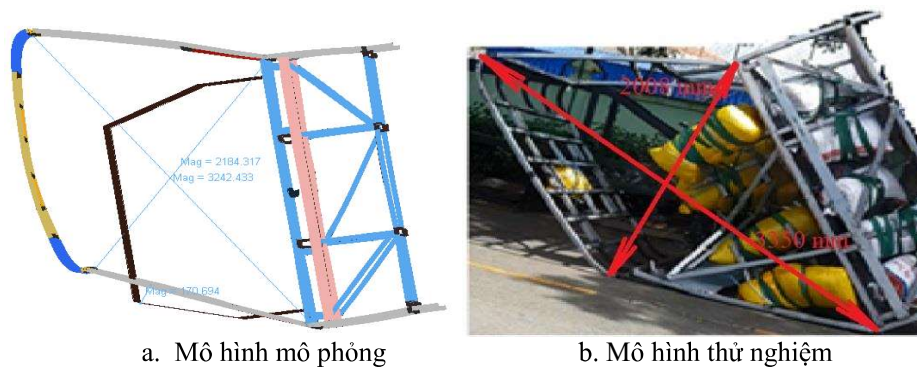
3.2.1 Đánh giá mô hình phân tích phần tử hữu hạn qua thử nghiệm một đoạn khung xe

Tiêu chuẩn ECE R66 cho phép sử dụng một đoạn xe làm thực nghiệm kiểm chứng an toàn kết cấu thân xe khi xảy ra lật nghiêng. Do đó, nghiên cứu này chế tạo một đoạn khung xe từ mô hình xe nền làm mô hình thử nghiệm, phân bố tải trọng được bố trí như trong thực tế, tương đương với mô hình mô phỏng được thể hiện như hình 4. Tải trọng toàn bộ khung xe và hàng hóa phân bố trên đoạn khung xe là 1500 kg, quy trình thử nghiệm theo quy định trong tiêu chuẩn ECE R66. Quá trình tiến hành thử nghiệm tại nhà máy cơ khí ô tô.

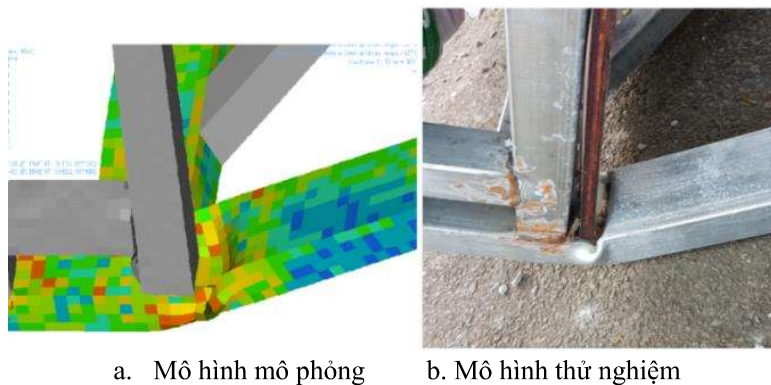


Hình 4: Mô hình kiểm tra độ tương thích giữa hai mô hình

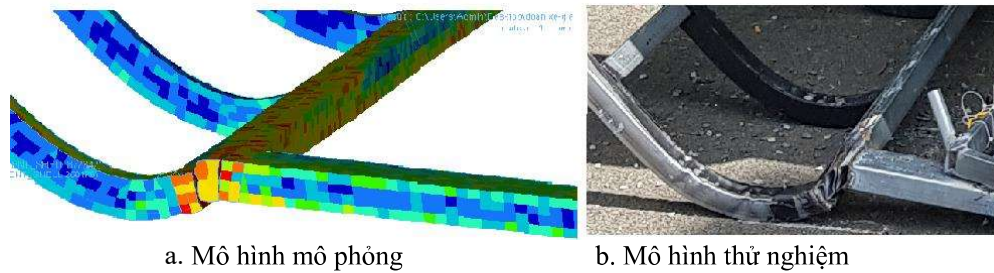
Từ kết quả mô phỏng và thực nghiệm cho thấy, mức độ biến dạng giữa mô phỏng và thực nghiệm là tương đương, kết luận rằng kết quả mô phỏng và thực nghiệm là tin cậy. Khoảng cách biến dạng được xác định bằng cách đo khoảng cách hai đường chéo trong mặt cắt ngang của khoang hành khách như hình 5a. Ngoài ra trong va chạm lật nghiêng vị trí biến dạng lớn nhất tập trung tại góc tiếp xúc giữa trụ đứng hông trái phải và sàn hành khách hình 5b.



Hình 5: Mô hình biến dạng trong mô phỏng và thử nghiệm



Hình 6: Góc phá hủy trụ đứng cửa sổ nơi tiếp giáp với sàn hành khách

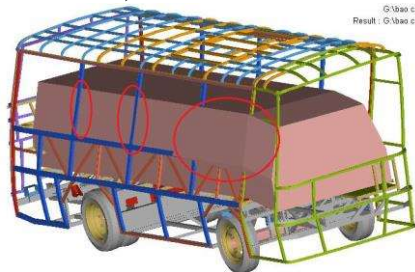


Hình 7. Điểm phá hủy tại mặt trong của thanh dọc tiếp giáp trụ đứng cửa sổ và mũi xe

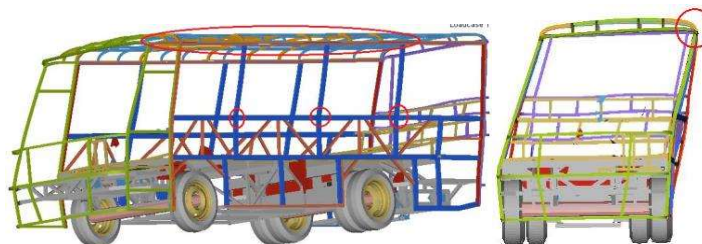
Phân tích so sánh kết quả mô phỏng và thực nghiệm cho thấy, cả hai mô hình đều bị xâm phạm vùng an toàn, sự sai lệch về biến dạng hệ khung xương trong mô phỏng và thực nghiệm là không đáng kể. Dựa vào mô hình mô phỏng và thực nghiệm chúng ta biết điểm đồng nhất các vị trí nguy hiểm trên hệ khung xương như sau: các trụ đứng cửa sổ tại vùng tiếp giáp với sàn hành khách, các thanh dọc tiếp giáp trụ đứng cửa sổ và mũi xe. Qua đó chúng ta thấy độ chính xác của mô hình mô phỏng là chính xác, việc phân tích và cải tiến kết cấu toàn khung xe theo điều kiện va chạm trực diện và lật nghiêng bằng phương pháp phân tích mô phỏng cho bước tiếp theo là cho phép và kết quả đủ độ tin cậy.

3.2.2 Phân tích kết quả mô phỏng mô hình khung xương ban đầu

Qua kết quả mô phỏng trên phần mềm HyperView cho thấy, khi xảy ra va chạm lật nghiêng kết cấu khung xương bị biến dạng và vượt qua vùng không gian an toàn tại các thanh trụ đứng khung cửa sổ của mảng hông xe như hình 11. Vị trí xâm phạm lớn nhất là tại cửa chính với kích thước xâm phạm là 54 mm, ngoài ra tại các điểm giao nhau giữa thanh dọc và trụ đứng cửa sổ, cung giao giữa mũi và mảng hông xe bị biến dạng lớn nhất như hình 12. Điều này cho thấy là kết cấu khung xương được thiết kế ban đầu chưa đảm bảo an toàn lật nghiêng theo tiêu chuẩn ECE R66, cần thiết cải tiến kết cấu để đảm bảo an toàn.



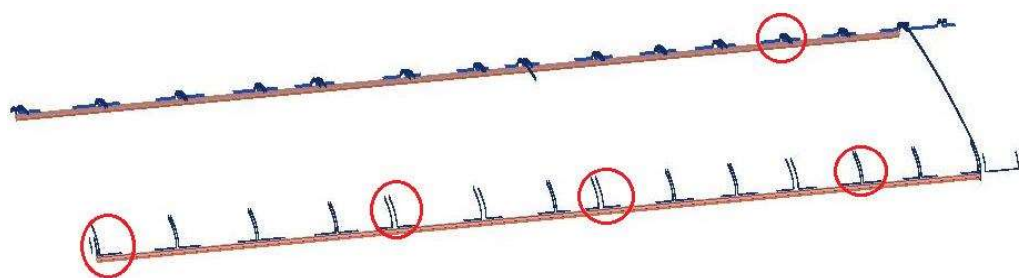
Hình 11. Vùng biến dạng xâm phạm không gian an toàn



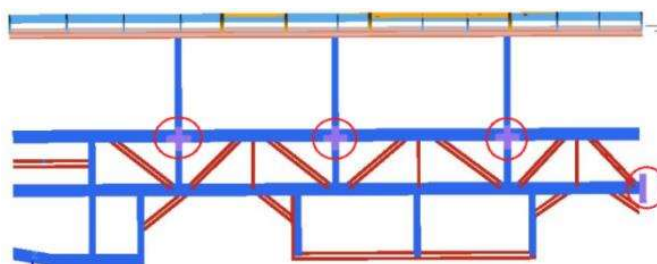
Hình 12. Vị trí biến dạng hông trái và cung mũi xe

3.3.3 Phương án thiết kế cải tiến mô hình khung xương lần 1

Từ việc phân tích kết quả cho thấy, mô hình khung xương xe khách ban đầu không đạt tiêu chuẩn vì khung xương đã xâm phạm vào không gian an toàn. Để khung xương xe khách đạt tiêu chuẩn ECE R66, tiến hành phương án thiết kế cải tiến gia cố lực tại những vùng chịu biến dạng lớn trên mảng hông trái, hông phải và mảng cung mũi xe, được thể hiện như hình 13 và 14.

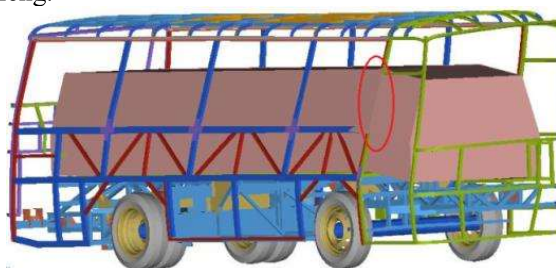


Hình 13. Gia cố cung mũi xe



Hình 14. Gia cố hông xe

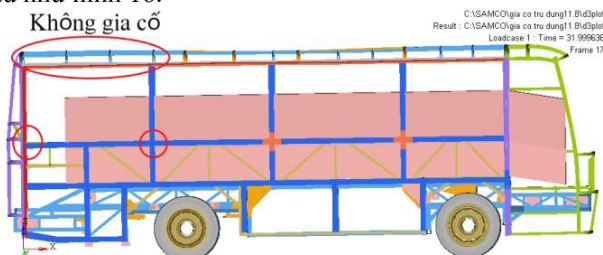
Sau khi vận dụng phương án gia cố những nơi biến dạng lớn của cung mũi và mảng hông, kết quả cho thấy độ cứng kết cấu được cải thiện, tuy nhiên biến dạng khung xương vẫn còn xâm phạm không gian an toàn toàn, chủ yếu nằm ở trụ đứng cửa chính, như hình 15. Do đó cần có phương án cải tiến thêm để kết cấu xe thỏa mãn điều kiện lật nghiêng.



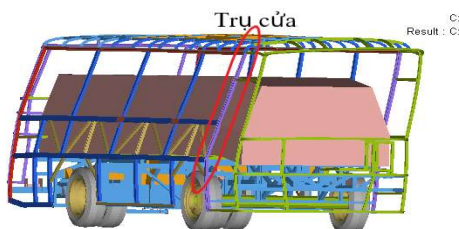
Hình 15. Kết quả mô phỏng mô hình khung xương sau khi gia cố

3.3.4 Phương án thiết kế cải tiến mô hình khung xương lần 2

Dựa vào kết quả cải tiến lần 1, biến dạng khung xương vẫn còn xâm phạm không gian an toàn toàn, chủ yếu nằm ở trụ đứng cửa chính. Tại điểm gia cố lực hông trái phải và mảng cung mũi xe phía sau không xâm phạm vùng an toàn. Trên cơ sở phân tích mô phỏng như trên, tiến hành đưa ra phương án kết hợp giữa tăng bề dày trụ đứng cửa chính từ 2 mm lên 4 mm, đồng thời giảm các điểm gia cố lực tại hông trái phải và mảng cung mũi xe phía sau như hình 16.



Hình 16. Vị trí không gia cố lực trên hông trái phải và mảng cung mũi xe



Hình 17: Kết quả biến dạng khung xe không xâm phạm không gian an toàn

Kết quả mô phỏng cải tiến kết cấu khung xương cho thấy, vùng biến dạng khung xe hoàn toàn không xâm phạm vào không gian an toàn được thể hiện như hình 17. Biến dạng kết cấu được phân bố đều trên các trụ đứng, không tập trung như lúc ban đầu, đây là một kết quả khá tốt vì việc phân tán ứng suất đều trên cả khung xe. Biến dạng cục bộ không còn xảy ra, điều này làm tăng khả năng hấp thụ năng lượng khi va chạm trên toàn bộ khung xe.

Qua kết quả phân tích, mô phỏng quá trình lật nghiêng của xe cho thấy kết cấu khung xương ban đầu là không bền vững, khi xảy ra lật nghiêng kết cấu khung xương bị biến dạng vượt quá không gian an toàn, tác động và làm ảnh hưởng tới hành khách bên trong xe, không đảm bảo tính an toàn theo tiêu chuẩn ECE R66. Để đảm bảo tính an toàn cho hành khách, tính bền của kết cấu khung xương, hay nói cách khác là làm giảm thiệt hại về người và cửa. Nhóm nghiên cứu đã phân tích những vị trí tập trung vùng biến dạng lớn, sau đó sử dụng biện pháp gia cố bề mặt vùng biến dạng lớn của thanh thép nhằm thỏa mãn tiêu chuẩn ECE R66. Kết cấu khung xương sau khi thiết kế cải tiến bị biến dạng nhưng hoàn toàn không vượt quá không gian an toàn, kết cấu khung xương sau khi cải tiến đảm bảo tiêu chuẩn an toàn khi xảy ra lật nghiêng ECE R66.

4. KẾT LUẬN

Theo điều kiện va chạm trực diện, biến dạng toàn bộ đầu xe nằm trong phạm vi an toàn, thỏa mãn điều kiện an toàn va chạm trực diện. Xét trên tổng thể, kết cấu đầu xe khá cứng vững, biến dạng nhỏ, hấp thụ lực va chạm kém, giảm tính năng an toàn, tăng trọng lượng xe. Nguyên nhân chủ yếu là kết cấu thiết kế ban đầu khá cứng, sắt-xi đầu xe dùng một loại thép có độ chịu lực cao, đặc biệt là các thanh kết cấu có cùng độ dày, dẫn tới khi va chạm trực diện thì phân tán lực kết cấu không đều, biến dạng cục bộ. Giải pháp cải thiện tăng tính năng an toàn, giảm trọng lượng xe thì cần xem xét thiết kế bố trí lại các thanh kết cấu, sử dụng quy cách thép, độ dày các thanh thép.

Xét điều kiện an toàn lật nghiêng, kết cấu khung xương được thiết kế ban đầu là không bền vững. Do đó khi xảy ra lật nghiêng kết cấu khung xương bị biến dạng vượt quá không gian an toàn, không đảm bảo tính an toàn theo tiêu chuẩn ECE R66. Nghiên cứu này đã phân tích những vị trí tập trung vùng biến dạng lớn, sau đó sử dụng biện pháp gia cố bề mặt vùng biến dạng lớn của thanh thép nhằm thỏa mãn tiêu chuẩn ECE R66. Kết quả khung xương sau khi thiết kế cải tiến bị biến dạng nhưng không vượt qua không gian an toàn, đảm bảo tiêu chuẩn an toàn ECE R66 khi xảy ra lật nghiêng. Tuy nhiên, các thanh thép khung xương khi biến dạng có ứng suất khác nhau, nên cần thiết có bài toán tối ưu hóa để lựa chọn ngẫu nhiên các bộ phận, thanh này một cách khoa học, nhằm phân tán lực và hấp thụ năng lượng, giảm trọng lượng xe, tăng tính năng an toàn hành khách.

REFERENCES

- [1] Pathawee Kunakorn-ong, Kitchanon Ruangjirakit. Design and optimization of electric bus monocoque structure consisting of composite materials. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 4069-4086, 2020.
- [2] Pathawee Kunakorn-ong, Pattaramon Jongpradist. Optimisation of Bus Superstructure for Rollover Safety According to ECE-R66. Springer. 2020.
- [3] Jiang Liu, Liangjin Gui, Qingchun Wang & Zijie Fan. Multi-objective Optimization on the Body Structure of Integral Bus. Automotive Engineering. 170-173, 2008.
- [4] Hữu Nhân Trần, Đình Huân Phan, Xuân Mai Phạm. Nghiên cứu tính toán tối ưu hoá kết cấu thân xe buýt. Chuyên đề nghiên cứu, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh. 2005.
- [5] Thành Tâm Nguyễn. Thiết kế tối ưu hóa kết cấu khung xương và sát-xi ô tô khách. Khoa học Giáo dục Kỹ thuật. 2015.
- [6] Quang Anh Nguyễn, 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.
- [7] Nguyễn Thành Tâm. Thiết kế tối ưu kết cấu ô tô khách thỏa mãn tính an toàn va chạm trực diện. Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, 2017.
- [8] Nguyễn Thành Tâm. Thiết kế cải tiến kết cấu thân xe khách thỏa mãn tính an toàn lật nghiêng theo tiêu chuẩn ECE R66. Hội nghị Cơ khí toàn quốc năm 2017.
- [9] Nguyễn Thành Tâm. Nghiên cứu tính an toàn của hành khách loại ô tô khách ghế ngồi xảy ra va chạm trực diện trên cơ sở tiêu chuẩn an toàn Châu Âu. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường ĐH Công nghiệp TPHCM. 2017.
- [10] Yu-Cheng Lin and Hong-CHI Nian. Structural Design Optimization of the Body Section Using the Finite Element Method. 2006 SAE International.
- [11] Tomás Wayhs Tech. Numerical Simulation of Bus Rollover. 2007 SAE International.
- [12] ECR29 Economic Commission for European Regulation. Official Journal of the European Union. 30 January 2011.
- [13] ECE R66 E/ECE/324 Rev.1/Add.65/Rev.1. Uniform Technical Prescriptions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to The Strength of Their Superstructure. 2006, United Nations.

Ngày nhận bài: 07/09/2020

Ngày chấp nhận đăng: 22/03/2021