



Phân tích và cải tiến kết cấu ô tô dòng sedan sau va chạm liên hoàn trên cao tốc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn

Numerical analysis and structural improvement of a sedan after highway chain collisions using the finite element method

Nguyễn Văn Việt¹, Cao Văn Dũng², Đỗ Hùng Chiến^{3*}

¹ Khoa kỹ thuật ô tô, trường công nghệ, trường đại học Văn Lang, Thành phố Hồ Chí Minh

² Trường Sĩ quan Kỹ thuật Quân sự

³ Viện hàng hải, Trường Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

Từ khóa:

Va chạm liên hoàn
ô tô sedan
mô phỏng FEM
an toàn kết cấu
hấp thụ năng lượng

TÓM TẮT

Va chạm liên hoàn trên cao tốc là một trong những dạng tai nạn giao thông nghiêm trọng tại Việt Nam, đặc biệt liên quan đến xe sedan bị kẹp giữa các xe tải lớn. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) với phần mềm LS-DYNA để phân tích biến dạng kết cấu xe sedan (mô hình Dodge Neon) trong các kịch bản va chạm liên hoàn với dải tốc độ 20-60 km/h. Kết quả cho thấy mức độ xâm lấn khoang hành khách vượt ngưỡng Poor theo tiêu chuẩn của viện đảm bảo an toàn đường cao tốc (IIHS) tại tốc độ trên 50 km/h, tập trung tại cột A, dầm dọc và tường lửa. Đề xuất cải tiến bằng thanh hấp thụ năng lượng (có các nếp gấp (trigger) bán cầu, thép DP600) giảm xâm lấn 40-54%, tăng năng lượng hấp thụ riêng (SEA) 18%. Nghiên cứu đóng góp cơ sở khoa học cho việc nâng cao an toàn ô tô, với ý nghĩa thực tiễn trong sản xuất và chính sách giao thông.

Keywords:

Multiple-vehicle collisions
Sedan car
FEM simulation
Structural safety
Energy absorber

ABSTRACT

Multiple-vehicle collisions on highways constitute one of the most severe types of traffic accidents in Vietnam, particularly those involving sedan vehicles sandwiched between large trucks. This study employs the finite element method (FEM) using LS-DYNA software to analyze the structural deformation of a sedan vehicle (Dodge Neon model) in multiple collision scenarios across a speed range of 20-60 km/h. The results reveal that intrusion into the passenger compartment exceeds the "Poor" threshold as per Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) standards at speeds above 50 km/h, with primary concentrations at the A-pillar, longitudinal beam, and firewall. The proposed enhancement, incorporating an energy-absorbing beam (hemispherical trigger, DP600 steel), reduces intrusion by 40-54% and increases specific energy absorption (SEA) by 18%. This research provides a scientific basis for enhancing automotive safety, with practical implications for manufacturing and traffic policy.

* Đỗ Hùng Chiến. Viện hàng hải, Trường Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh
Email: chien.do@ut.edu.vn

<https://www.doi.org/10.55228/JTST150208>

Ngày nhận bài: 15/12/2025; Ngày nhận bài sửa: 14/03/2026; Ngày chấp nhận đăng: 15/03/2026

Ngày xuất bản trực tuyến: 15/03/2026

pISSN: 1859-4263; eISSN: 3030-4261

1. Giới thiệu

An toàn giao thông luôn là vấn đề quan tâm hàng đầu trong ngành công nghiệp ô tô, đặc biệt tại Việt Nam với hệ thống đường cao tốc ngày càng mở rộng và lượng phương tiện gia tăng nhanh chóng. Theo thống kê từ Cục Đường bộ Việt Nam (tính đến 15/3/2023), số lượng ô tô lưu thông đã vượt mốc 5 triệu xe, kéo theo nguy cơ gia tăng các vụ tai nạn, đặc biệt là va chạm liên hoàn trên cao tốc nơi phương tiện di chuyển với tốc độ cao (80-120 km/h) và khoảng cách ngắn [1]. Các vụ va chạm liên hoàn, thường giữa xe sedan và xe tải lớn, gây hậu quả nghiêm trọng, với tỷ lệ tử vong 17.7/100.000 dân theo Global Status Report on Road Safety 2023 của WHO, cao hơn trung bình châu Á-Thái Bình Dương (15.2) và Đông Nam Á (14.4) [2],[3]. Tại Việt Nam, trong 10 tháng năm 2025 (từ 15/12/2024 đến 14/10/2025), toàn quốc xảy ra 15.251 vụ tai nạn giao thông, làm chết 8.515 người và bị thương 10.204 người, với nhiều vụ tập trung vào va chạm liên hoàn trên cao tốc [4].

Hình ảnh từ các vụ tai nạn thực tế như trên Quốc lộ 55 (Bình Thuận, 1/1/2020) (Hình 1) cho thấy thân xe sedan bị biến dạng nghiêm trọng khi bị kẹp giữa hai xe tải, dẫn đến xâm lấn khoang hành khách và tổn thương lớn. Tỷ lệ tử vong cao gấp 2-3 lần so với va chạm đơn lẻ do lực nén lặp lại và chênh lệch khối lượng (xe tải 10-20 tấn so với sedan 1.5 tấn). Kết cấu xe sedan khung sườn liền khối (unibody) được tối ưu vùng hấp thụ năng lượng va chạm (crumple zones), nhưng dễ xâm lấn khoang hành khách trong va chạm liên hoàn, gây chỉ số chấn thương đầu (Head Injury Criterion – HIC) vượt 1000 theo NHTSA [5].



Hình 1. Tai nạn giao thông liên hoàn giữa 3 xe tại ngã tư Sông Phan.

Hầu hết các nghiên cứu hiện tại tập trung vào va chạm trực diện hoặc từ phía sau, thiếu chuyên

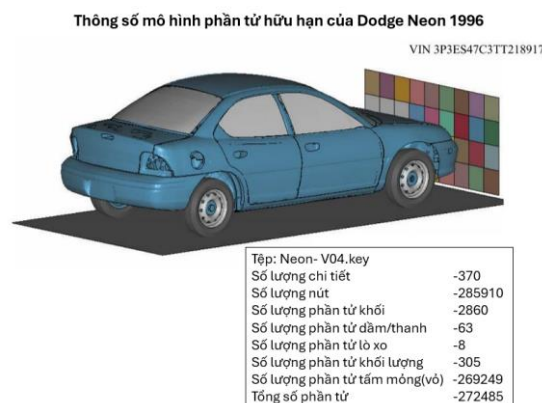
sâu về va chạm liên hoàn với lực tác động phức tạp do nhiều phương tiện. Trong nước, các nghiên cứu như của N.T.Tâm và N.C.Thành [6] phân tích va chạm xe khách với chỉ số tổn thương đầu-cổ vượt 1300% ECE R94, hoặc N.P.T.Lưu [7] tối ưu cản trước theo IIHS bằng cách gia cố cột A, dầm dọc khoang động cơ và khoang hành khách. Ngoài nước, A. Deb [8] cải tiến khung nhôm bằng LS-DYNA với ống chịu lực, giảm F_{max} 15-20%; Pooja Doke [9] mô hình hóa giảm trọng lượng nhưng cảnh báo giảm hấp thụ năng lượng. Các nghiên cứu gần đây nhấn mạnh tương tác đa xe trong chuỗi va chạm [10].

Trong bối cảnh đó, bài báo này kế thừa mô hình sedan Dodge Neon và xe tải HGV-38, xây dựng kịch bản va chạm liên hoàn nhiều xe, phân tích các chỉ tiêu biến dạng, chuyển vị khung và độ xâm lấn khoang hành khách theo tiêu chuẩn IIHS, đồng thời đề xuất và đánh giá hiệu quả của hai giải pháp tăng cứng kết cấu (thanh hấp thụ dọc dầm dọc và thanh tăng cứng quanh cột A – tường lửa). Mục tiêu là làm rõ mức độ nguy hiểm của va chạm liên hoàn và đề xuất cấu trúc cải tiến khả thi nhằm nâng cao mức bảo vệ người ngồi.

2. Mô hình và phương pháp mô phỏng

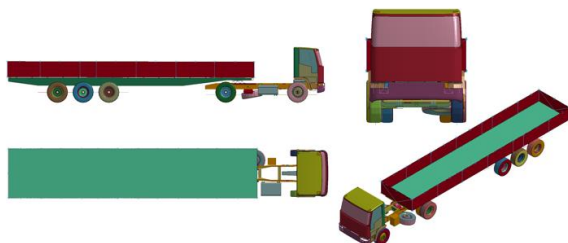
2.1. Mô hình xe sedan và xe tải

Mô hình xe con sử dụng trong nghiên cứu là sedan Dodge Neon được xây dựng từ bộ dữ liệu công bố của NCAC [11] (Hình 2), bao gồm đầy đủ kết cấu khung vỏ, khoang động cơ, khoang hành khách và khoang hành lý. Mô hình đã được kiểm chứng bằng cách so sánh với kết quả thử nghiệm va chạm thực (NCAP) trong các nghiên cứu trước, đảm bảo độ tin cậy về trường ứng suất và biến dạng toàn cục.



Hình 2. Mô hình phần tử hữu hạn xe sedan[11].

Xe tải nặng lựa chọn là HGV-38[12], mô hình hóa dạng khung sàn, cabin và thùng hàng với khối lượng tương đương xe container điển hình trong điều kiện khai thác. Kết cấu khung sườn xe tải được lấy ở mức độ chi tiết vừa phải, nhấn mạnh đến độ cứng tổng thể để tái hiện đúng chênh lệch độ cứng – khối lượng giữa xe tải và xe con.

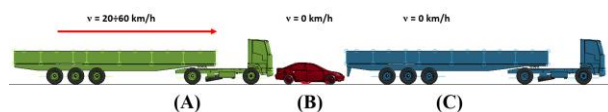


Hình 3. Mô hình phần tử hữu hạn xe tải lớn.

2.2. Kịch bản va chạm liên hoàn

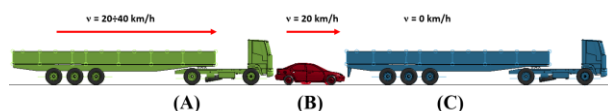
Hai kịch bản va chạm liên hoàn được thiết lập như sau:

Trường hợp 1 (TH1): Xe tải A di chuyển với các vận tốc 20; 30; 40; 50; 60 km/h, va vào phía sau xe sedan B đang dừng, phía trước B là xe tải C cũng đang dừng. Thời gian mô phỏng $t = 0,2$ s.



Hình 4. Hình ảnh mô phỏng va chạm liên hoàn trong TH1.

Trường hợp 2 (TH2): Xe tải A di chuyển với vận tốc 20; 30; 40 km/h, xe sedan B chuyển động với vận tốc 20 km/h, xe tải C phía trước đứng yên, thời gian mô phỏng $t = 0,2$ s.



Hình 5. Hình ảnh mô phỏng va chạm liên hoàn trong TH2

Các kịch bản này mô phỏng tình huống điển hình trên cao tốc khi xe tải phía sau không kịp phanh, đâm vào đuôi xe con và đẩy xe con đâm tiếp vào xe tải phía trước, tạo ra chuỗi va chạm nén dọc.

2.3. Thiết lập mô phỏng LS-DYNA

Mô hình phần tử hữu hạn của xe sedan và xe tải được xây dựng chủ yếu bằng các phần tử vỏ (shell) 4 nút, độ dày phần tử phản ánh chiều dày vật liệu

thực tế theo dữ liệu NCAC. Các tiếp xúc giữa xe – xe và xe – mặt đường được khai báo bằng thuật toán

CONTACT_AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE với hệ số ma sát phù hợp. Thời gian tích phân sử dụng sơ đồ tích phân tường minh với bước thời gian tự động để đảm bảo ổn định số.

Bảng 1. Bảng thông số thiết lập trên phần mềm.

Thông số	Ký hiệu trong LS-DYNA	Giá trị cài đặt
Thời gian thực hiện	ENDTIM	0.2
Hệ số bước nhảy tính toán	TSSFAC	0.9
Vận tốc tịnh tiến theo hướng OX	VX	5,56E+3 – 1,67E+4
Hệ số ma sát tĩnh	FS	03
Hệ số ma sát động	FD	02

Các biên điều kiện vận tốc được gán cho các xe theo từng kịch bản TH1, TH2, trong khi mặt đường được cố định hoàn toàn. Năng lượng toàn hệ được theo dõi để kiểm tra cân bằng năng lượng (tổng động năng, nội năng, năng lượng trượt tiếp xúc) đảm bảo không phát sinh dao động số bất thường.

2.4. Chỉ tiêu đánh giá

Các chỉ tiêu đánh giá chính gồm:

- Biến dạng toàn cục của khung xe sedan quan sát theo nhiều góc nhìn (trái, phải, trước, sau, trên, dưới) để định tính sự sụp đổ kết cấu;
- Chuyển vị cực đại tại các cụm kết cấu chính: cột A, B, C, hai dầm dọc và sàn xe, được thống kê từ trung bình chuyển vị của các nhóm nút (node) đặc trưng (nodes 91705801–10 cho cột A, 91705811–20 cho cột B, 91705821–30 cho cột C, 91705831–40 cho dầm dọc, 91705841–50 cho sàn xe);
- Độ xâm lấn khoang hành khách tại các điểm P1–P10 bố trí theo lưới đo của IIHS ở khu vực chân, ngưỡng, bàn đạp và vách ngăn khoang hành khách, so sánh với ngưỡng đánh giá chấp nhận được “Acceptable” (<150 mm) và mức nguy hiểm “poor” (>200 mm).

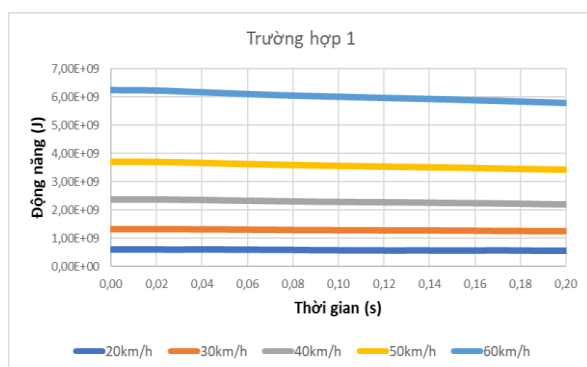
3. Kết quả mô phỏng trước cải tiến

3.1. Phân bố năng lượng và biến dạng khung xe sedan

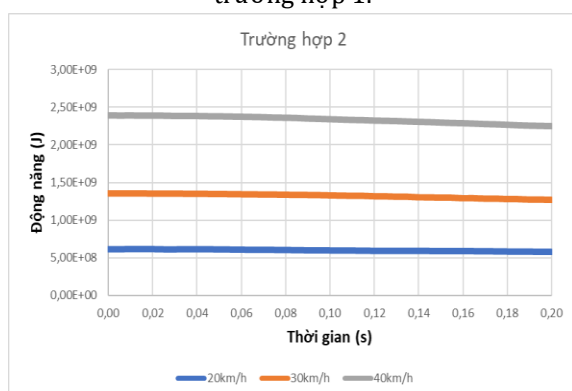
Kết quả mô phỏng cho thấy trong hai kịch bản TH1 và TH2, năng lượng va chạm chủ yếu được hấp thụ bởi vùng hấp thụ năng lượng va chạm (crumple zones) phía trước xe sedan và vùng đầu rơi moóc phía sau, trong khi khoang hành khách lý tưởng phải duy trì biến dạng nhỏ hơn.

- Đồ thị động năng (Hình 6,7) cho thấy sau thời điểm va chạm chính (khoảng 40–60 ms), Động năng giảm dần nhẹ trong 0–0,2 s; do hệ vẫn tiếp tục chuyển động sau tiếp xúc nên động năng không triệt tiêu hoàn toàn trong cửa sổ thời gian này. Nội năng tăng tương ứng với phần năng lượng chuyển hóa sang biến dạng dẻo;

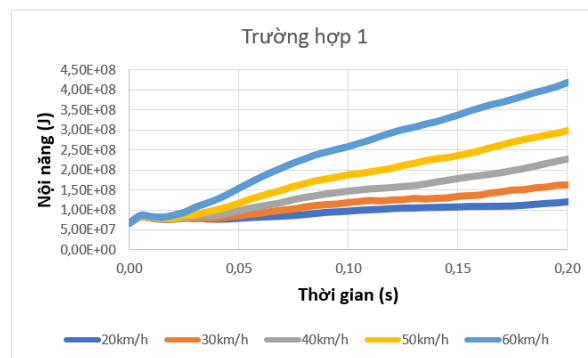
- Đồ thị nội năng (Hình 8,9) tăng gần tuyến tính theo thời gian trong vùng va chạm, với tốc độ tăng phụ thuộc vào vận tốc va chạm; điều này phù hợp với các nghiên cứu trước về tối ưu hóa hấp thụ năng lượng cho kết cấu thân xe.



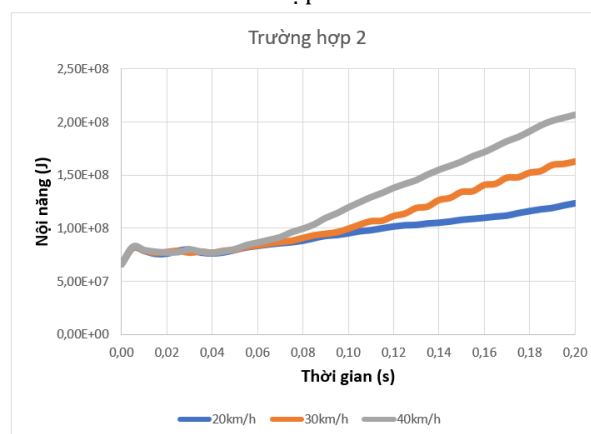
Hình 6. Đồ thị động năng của hệ mô phỏng trong trường hợp 1.



Hình 7. Đồ thị động năng của hệ mô phỏng trong trường hợp 2

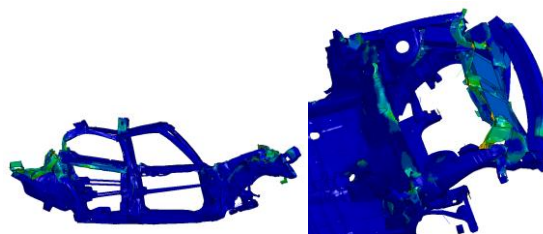


Hình 8. Đồ thị nội năng của hệ mô phỏng trong trường hợp 1

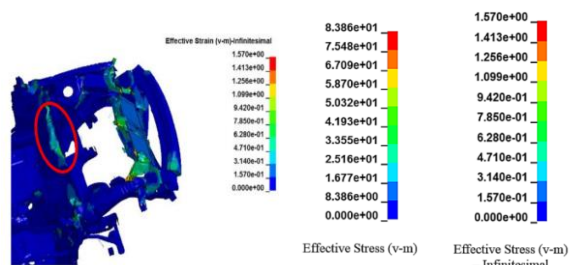


Hình 9. Đồ thị nội năng của hệ mô phỏng trong trường hợp 2

3.2. Biến dạng cục bộ tại cột A, dầm dọc và vách ngăn khoang động cơ



Hình 10. Kết cấu khung xe bị biến dạng khi va chạm liên hoàn tại tốc độ 50km/h



Hình 11. Giá trị ứng suất cực đại và biến dạng hiệu dụng của khung xe khi va chạm tại tốc độ 50km/h

Phân tích trường biến dạng và ứng suất cho thấy tại vận tốc 60 km/h trong TH1, vùng cột A và dầm dọc phía trước sedan chịu biến dạng nén –

uốn rất lớn (Hình10, 11). Dầm dọc có xu hướng bị gập tại các điểm yếu hình học gần hộp lò xo và chân cột A, dẫn đến biến dạng lan truyền vào vách ngăn khoang động cơ, đẩy cụm bàn đạp và cột lái về phía người lái.

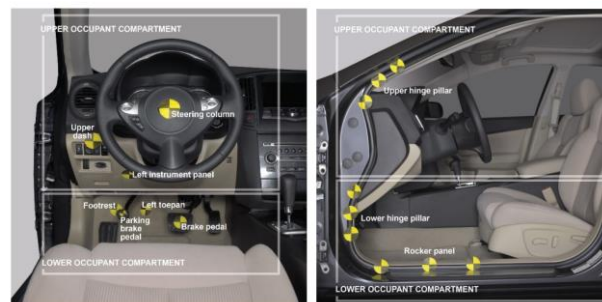
Kết quả thống kê chuyển vị tối đa tại các vị trí đặc trưng cho thấy:

- Cột A phía trước đạt biến dạng khoảng 440 mm ở 60 km/h trong TH1;
- Cột B đạt khoảng 280 mm, với xu hướng uốn cong và xoắn, ảnh hưởng đến độ cứng vòng nóc và cửa;
- Dầm dọc và sàn xe có biến dạng tới khoảng 480 mm, với ứng suất von Mises đạt 450–600 MPa, vượt quá giới hạn chảy của thép cường độ cao (~350 MPa), làm tăng nguy cơ mất ổn định cục bộ.

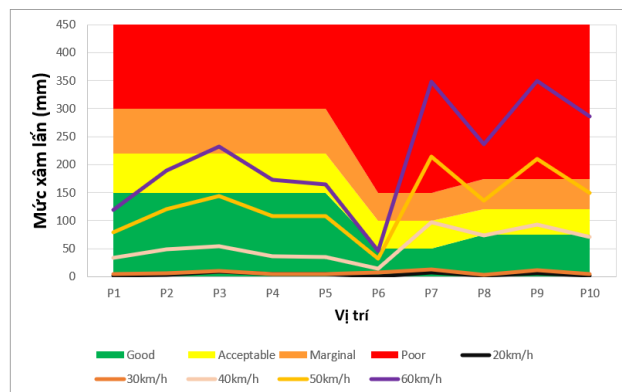
Các giá trị này cho thấy kết cấu hiện tại khó có thể đảm bảo giới hạn xâm lấn và duy trì không gian sống sót theo các nghiên cứu va chạm (crashworthiness) gần đây.

3.3. Mức độ xâm lấn khoang hành khách theo tiêu chuẩn IIHS

Dựa vào tiêu chuẩn IIHS[13] về thử nghiệm va chạm, với 10 điểm đo theo hướng dẫn của IIHS (Hình 12).



Hình 12. Các vị trí lấy điểm tham chiếu theo tiêu chuẩn IIHS



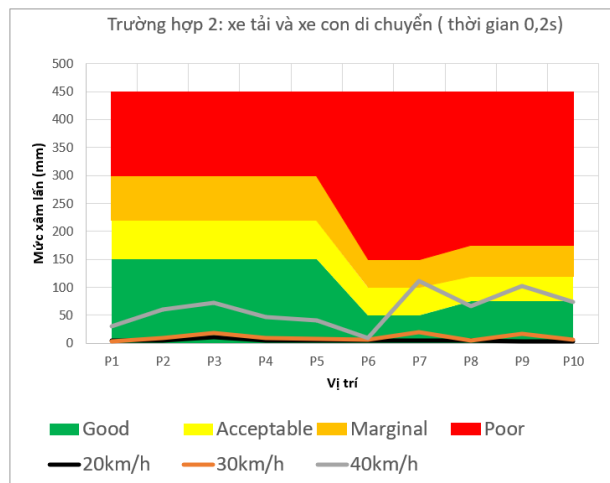
Hình 13. Đồ thị đánh giá mức độ xâm lấn khoang hành khách tương ứng với các vận tốc va chạm khác nhau trong TH1.

Đồ thị quan hệ giữa vận tốc va chạm và độ xâm lấn tại các điểm đo trong khoang hành khách cho thấy xu hướng tăng gần hàm mũ theo tốc độ trong TH1 (Hình13), với hệ số tương quan r^2 xấp xỉ 0,98. Tại 50 km/h, một số điểm đã vượt ngưỡng 150 mm (mức “nguy hiểm (poor)” của IIHS); ở 60 km/h, số lượng điểm “nguy hiểm - poor” tăng mạnh, đặc biệt tại khu vực chân lái, bệ cửa và chân cột A.

Bảng 2. Các chỉ số độ xâm lấn khoang hành khách ứng với các vận tốc va chạm khác nhau trong trường hợp 1

Vận tốc	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	P4 (mm)	P5 (mm)	P6 (mm)	P7 (mm)	P8 (mm)	P9 (mm)	P10 (mm)
20 km/h	2,5	3,7	8,7	4,4	4,3	1,0	7,5	2,5	6,2	2,6
30 km/h	4,6	5,4	9,9	4,4	4,3	6,7	12,8	3,3	11,5	4,8
40 km/h	33,2	49,3	54,2	36,2	34,9	14,1	96,4	73,6	93,2	71,2
50 km/h	78,9	120,3	144,0	108,7	107,9	32,7	213,7	135,9	209,9	149,3
60 km/h	119,6	189,7	232,1	172,9	164,6	45,3	347,6	236,0	349,8	285,7

Trong TH2 (hình 14), do sedan B cũng chuyển động nên mức xâm lấn trung bình tại các điểm đo tăng thêm khoảng 18% so với TH1 ở cùng vận tốc va chạm xe tải A, số điểm thuộc mức “nguy hiểm - poor” tăng rõ rệt ở dải vận tốc 40 km/h. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu sử dụng mô hình Neon để khảo sát mối liên hệ giữa vận tốc, năng lượng hấp thụ và xâm lấn khoang hành khách.



Hình 14. Đồ thị đánh giá mức độ xâm lấn khoang hành khách trong trường hợp

Nhìn chung, kết quả mô phỏng ban đầu cho thấy:

- Khoang hành khách của xe sedan trong cấu hình hiện tại khó đạt mức “an toàn/ chấp nhận được - good/acceptable” khi xảy ra va chạm liên hoàn với xe tải nặng ở vận tốc trên 40–50 km/h;

- Các khu vực yếu trọng yếu gồm: dầm dọc phía trước, liên kết dầm dọc – vách ngăn khoang động cơ, chân cột A và khung sàn tại khu vực chân người lái.

Những nhận định này là cơ sở để đề xuất các giải pháp tăng cường kết cấu nhằm giảm xâm lấn và phân tán lại đường dẫn tải.

4. Đề xuất giải pháp cải tiến kết cấu

4.1. Thiết kế cải tiến

Dựa trên phân tích đường dẫn tải và các vùng biến dạng tập trung, trong nghiên cứu này, trước khi lựa chọn cấu hình gia cường cuối cùng, để tránh thiên lệch khi chỉ đánh giá một phương án thiết kế duy nhất, nhóm nghiên cứu đã thực hiện khảo sát tham số sơ bộ theo các biến thiết kế chủ đạo gồm hình dạng cấu kiện (thanh chéo gia cường so với thanh tăng cứng trụ A, chiều dày của vật liệu khảo sát từ 4mm và 8mm). Do kích bản va chạm ở $v = 60$ km/h tạo điều kiện tải khắt khe hơn (động năng ban đầu lớn hơn), các phương án được đánh giá tại vận tốc này nhằm kiểm tra tính “bền vững” của giải pháp (Bảng 3).

Bảng 3. Bảng kết quả khảo sát tham số sơ bộ theo hình dạng và chiều dày vật liệu tại $v=60$ km/h

Thông số thử nghiệm	Điểm xét chỉ số xâm lấn (mm)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Thanh gia cố dầm dọc và Thanh gia cố dạng chéo dày 4mm	79,76	133,87	167,08	126,89	114,24	35,70	251,72	189,65	258,18	239,41
Thanh gia cố dầm dọc và Thanh gia cố dạng chéo dày 8mm	104,15	163,45	191,92	144,15	136,30	36,81	290,30	216,25	291,97	266,73
Thanh gia cố dầm dọc và Thanh gia tăng cứng cột A dày 8mm	83,51	134,32	159,37	122,14	115,85	8,92	236,10	155,22	228,22	205,98
Thanh gia cố dầm dọc và Thanh gia tăng cứng cột A dày 4mm	52,03	91,22	114,00	87,15	84,93	9,94	171,34	105,50	163,67	140,56

Tập trung vào các điểm đánh giá liên quan trực tiếp đến nguy cơ xâm lấn khoang hành khách (P7–P10), phương án gia cường được thiết kế như sau:

- Thanh hấp thụ dọc dầm dọc của xe (Hình 15).

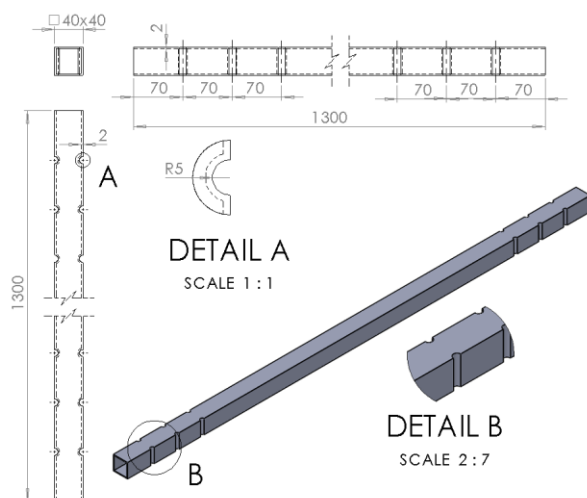
Thông số chính:

Tiết diện: ống hộp vuông 40x40x2mm

Chiều dài: 1300 mm

Vị trí lắp đặt: liên kết hàn điểm với dầm dọc và các gân tăng cứng hiện hữu;

Nhiệm vụ: hấp thụ năng lượng va chạm ban đầu và làm chậm tốc độ lan truyền biến dạng vào vách ngăn khoang động cơ, qua đó giảm chuyển vị cụm bàn đạp và cột lái.



Hình 15. Cấu trúc 3D thanh hấp thụ dọc dầm dọc.

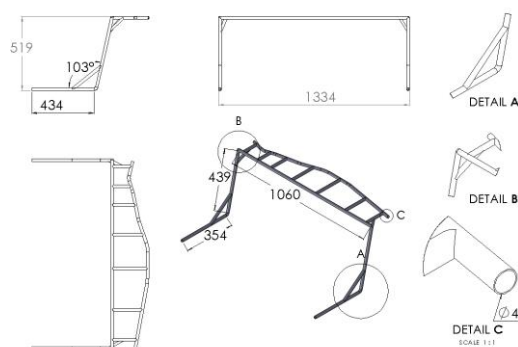
- Thanh hấp thụ tại cột A và khu vực vách ngăn động cơ (hình 16), thông số chính:

Dạng tiết diện: ống tròn DN20, độ dày 3.912mm

Chiều dài: 1334 mm

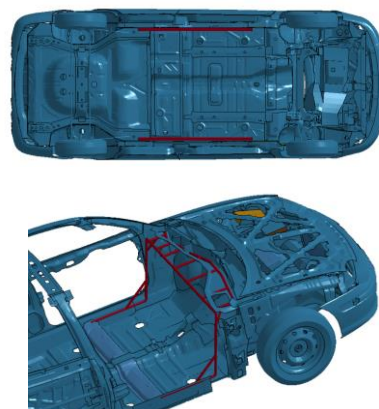
Vị trí lắp đặt: nối từ chân cột A (A-foot) lên vách ngăn tường lửa,

Nhiệm vụ: Hấp thụ năng lượng tuyến đầu và làm chậm tốc độ lan truyền biến dạng vào vách ngăn khoang động cơ



Hình 16. Cấu trúc 3D thanh hấp thụ tại cột A.

Các giải pháp này được triển khai trên mô hình phần tử hữu hạn bằng cách thêm các phần tử vỏ và dầm (shell/beam) tương ứng, đảm bảo tính liên tục của lưới và không làm tăng quá mức khối lượng kết cấu.



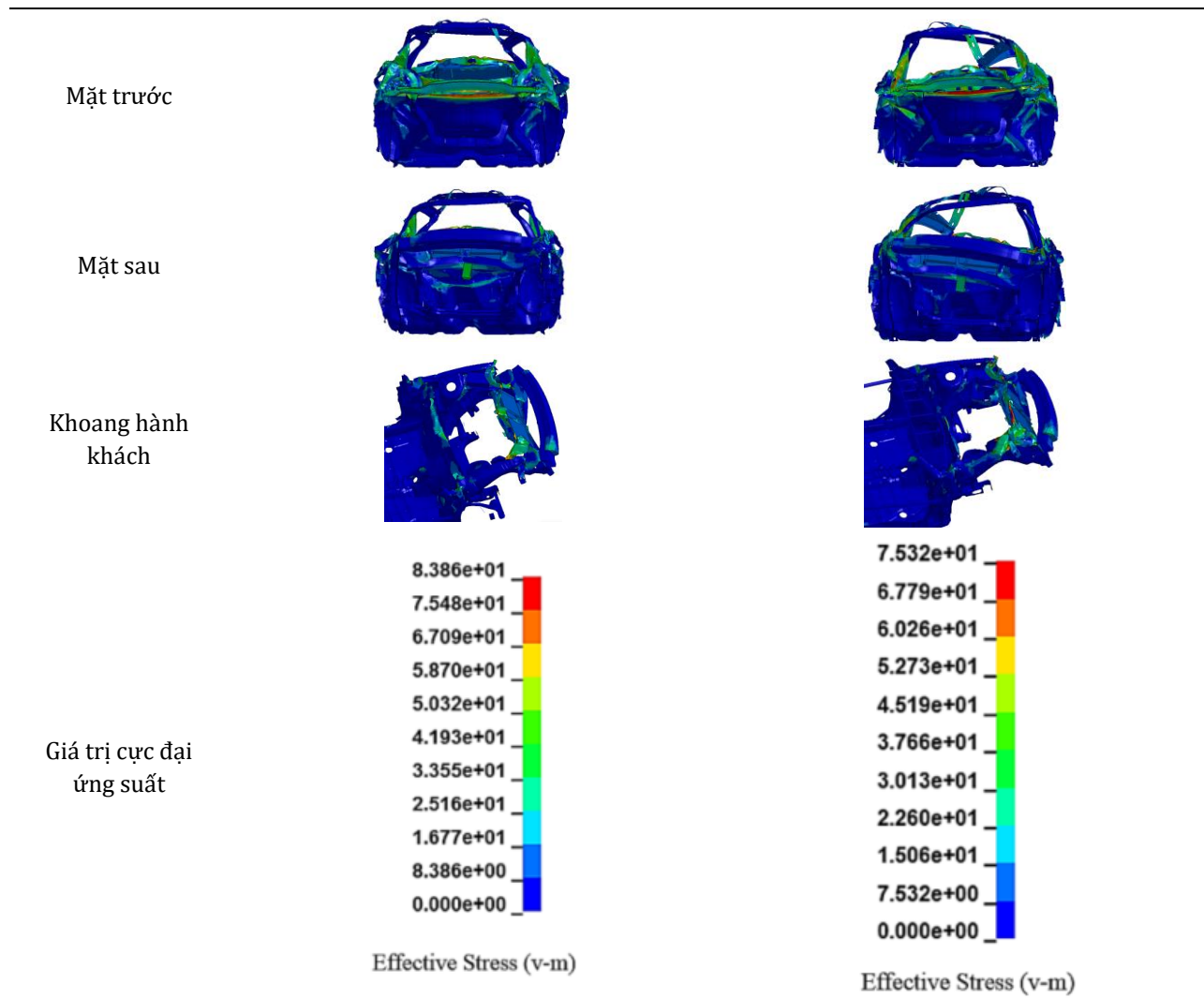
Hình 17. Cập nhật cải tiến trên mô hình.

Hình 17 thể hiện vị trí gắn 2 thanh hấp thụ năng lượng trên mô hình phần tử hữu hạn.

4.2. Kết quả cải tiến

Bảng 4. So sánh kết cấu khung xe trước và sau cải tiến.

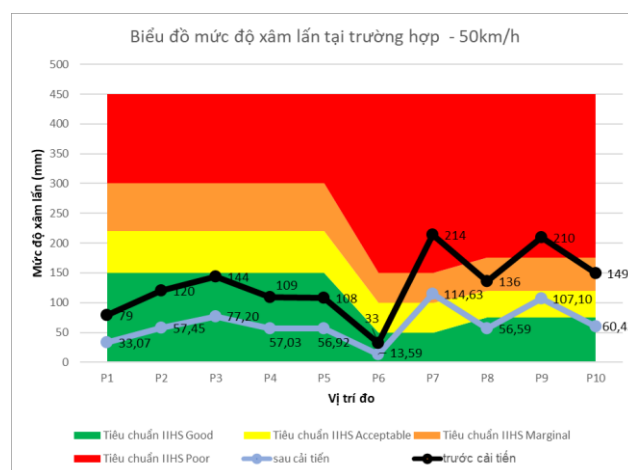
Góc nhìn	Trước cải tiến	Sau cải tiến
Bên trái		
Bên phải		
Phía trên nóc		
Phía dưới sàn		



Kết quả mô phỏng (Bảng 4) sau khi bổ sung thanh hấp thụ và thanh tăng cứng cho thấy hình dạng biến dạng tổng thể của khung xe sedan được cải thiện đáng kể so với cấu hình ban đầu, với color bar von Mises cho thấy vùng đỏ thu hẹp 10% (giảm từ 83.86 xuống 75.32) sau cải tiến:

- Ở vận tốc 50 km/h, biến dạng tập trung hơn tại vùng hấp thụ năng lượng va chạm phía trước, trong khi khoang hành khách giữ được hình dạng tương đối nguyên vẹn;

- Ở vận tốc 60 km/h, mặc dù vùng hấp thụ năng lượng va chạm và một phần dầm dọc vẫn chịu biến dạng lớn, nhưng mức độ sụp đổ vào khoang hành khách giảm rõ rệt, đặc biệt tại chân cột A và sàn khu vực người lái.



Hình 18. Đồ thị so sánh mức độ xâm lấn trước và sau khi cải tiến khung xe sedan tại trường hợp va chạm 50km/h.

Hình 18 đánh giá sự cải thiện về độ xâm lấn kết cấu xe sau khi cải tiến cho ta thấy:

- Ở vận tốc 50 km/h, các điểm đo trong khoang hành khách hầu hết chuyển từ mức: “nguy hiểm

(poor) /cận nguy hiểm(marginal) sang chấp nhận được (acceptable)/an toàn (good)", đường cong xâm lấn theo vận tốc có độ dốc nhỏ hơn so với cấu hình ban đầu;

- Ở vận tốc 60 km/h, mức xâm lấn trung bình tại các điểm đo giảm khoảng 40% (từ xấp xỉ 218 mm xuống còn khoảng 130 mm). Dù một vài vị trí vẫn ở mức "cận nguy hiểm (marginal)", nhưng xu hướng chung là cải thiện rõ rệt về không gian an toàn (survival space).

5. Kết luận

Bài báo đã trình bày một nghiên cứu mô phỏng va chạm liên hoàn giữa xe tải nặng – sedan – xe tải nặng sử dụng mô hình phần tử hữu hạn toàn xe sedan Dodge Neon từ NCAC trong môi trường LS-DYNA. Các kịch bản va chạm được xây dựng với dải vận tốc 20–60 km/h, kết hợp hai trường hợp sedan đứng yên và sedan chuyển động, nhằm tiệm cận các tình huống tai nạn thường gặp trên đường quốc lộ và cao tốc tại Việt Nam.

Kết quả mô phỏng ban đầu cho thấy trong cấu hình hiện tại, dầm dọc phía trước, chân cột A và vách ngăn khoang động cơ là các khu vực chịu biến dạng nặng, dẫn đến mức xâm lấn khoang hành khách vượt quá ngưỡng "chấp nhận được (acceptable)" của tiêu chuẩn IIHS ở vận tốc từ 50 km/h trở lên. Đây là nguy cơ lớn đối với an toàn người ngồi trong xe sedan khi xảy ra va chạm liên hoàn với xe tải nặng.

Trên cơ sở phân tích đường dẫn tải và phân bố năng lượng hấp thụ, nghiên cứu đề xuất hai giải pháp chính:

- bổ sung thanh hấp thụ dạng ống tròn DN20 dọc theo cột A – vách ngăn khoang động cơ;
- Bố trí thanh tăng cứng bao quanh vùng cột A – tường lửa tạo thành một vòng cứng hỗ trợ. Kết quả mô phỏng sau cải tiến cho thấy biến dạng dầm dọc giảm khoảng 35%, mức xâm lấn khoang hành khách giảm trung bình tới 40% ở vận tốc 60 km/h, nhiều vị trí chuyển từ mức "nguy hiểm (poor) /cận nguy hiểm(marginal) sang chấp nhận được (acceptable)/an toàn (good)" theo tiêu chí IIHS.

Tài liệu tham khảo

- [1] Báo Lao Động, "Năm 2023, cả nước đăng kiểm hơn 5,3 triệu phương tiện," Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <https://laodong.vn/xa-hoi/nam-2023->

Những kết quả này khẳng định khả năng ứng dụng mô phỏng số LS-DYNA trên mô hình toàn xe NCAC để định hướng thiết kế và tối ưu hóa kết cấu phía trước xe sedan trong các kịch bản va chạm liên hoàn phức tạp. Trong tương lai, cần bổ sung thêm các nghiên cứu thử nghiệm thực tế để kiểm chứng mô hình, xem xét thêm ảnh hưởng của các yếu tố như độ cứng khe hở nối, vật liệu mới (AHSS, vật liệu lai thép-nhôm) và tích hợp thêm các bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu về khối lượng – xâm lấn – chi phí dựa trên các phương pháp tối ưu hóa tiên tiến.

Đóng góp của các tác giả trong bài báo

Nguyễn Văn Việt: Thu thập dữ liệu, xây dựng mô hình phần tử hữu hạn, thực hiện các mô phỏng va chạm liên hoàn bằng LS-DYNA, phân tích kết quả biến dạng và độ xâm lấn, đề xuất giải pháp cải tiến kết cấu, và soạn thảo bản thảo ban đầu. **Cao Văn Dũng:** Hỗ trợ xem xét tài liệu tham khảo, cung cấp ý tưởng về kịch bản va chạm thực tế dựa trên dữ liệu tai nạn giao thông Việt Nam, và đóng góp vào phần thảo luận về ý nghĩa thực tiễn. **Đỗ Hùng Chiến:** Giám sát toàn bộ nghiên cứu, cung cấp hướng dẫn chuyên môn về phương pháp FEM và tiêu chuẩn an toàn IIHS, chỉnh sửa bản thảo, và phê duyệt phiên bản cuối cùng

Tuyên bố không xung đột lợi ích và cam kết bản quyền

Các tác giả tuyên bố về sự không xuất hiện những xung đột tiềm ẩn từ nghiên cứu này, và cam kết bài báo chưa từng được công bố trước đây.

Chia sẻ dữ liệu theo yêu cầu

Dữ liệu sẽ được cung cấp theo yêu cầu.

1st Nguyen Van Viet*. *Faculty of Automotive Engineering, Van Lang School of Technology, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam.*

2nd Cao Van Dung. *Tran Dai Nghia University, Ho Chi Minh City*

3rd Do Hung Chien. *University of Transport Ho Chi Minh City*

*Corresponding author: chien.do@ut.edu.vn

ca-nuoc-dang-kiem-hon-53-trieu-phuong-tien-1292136.ldo.

- [2] World Health Organization, "Global status report on road safety 2023," 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/teams/social->

- determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023.
- [3] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2023. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2023.
- [4] LSVN, "Toàn quốc xảy ra gần 1.500 vụ tai nạn giao thông trong tháng 8/2025," Aug. 2025. [Online]. Available: <https://lsvn.vn/toan-quoc-xay-ra-gan-1-500-vu-tai-nan-giao-thong-trong-thang-8-2025-a162427.html>.
- [5] Federal Highway Administration (FHWA) and National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), "Crash Test Comparison: Simulation vs. Real-World," Washington, DC, USA, 2020.
- [6] N. N. T. Tâm, "Thiết kế cải tiến kết cấu đầu xe ô tô khách giường nằm nhằm nâng cao tính an toàn con người trong va chạm trực diện," Journal of Science and Technology – IUH, vol. 36, no. 6, 2018.
- [7] L. P. T. Nguyen, "An optimisation approach to choose thickness of three members to improve IIHS small-overlap structural rating," International Journal of Crashworthiness, vol. 22, pp. 518–526, 2017, Doi: 10.1080/13588265.2017.1281203.
- [8] A. Deb, "Crashworthiness design issues for lightweight vehicles," in Materials, Design and Manufacturing for Lightweight Vehicles, 2nd ed., P. K. Mallick, Ed. Duxford, U.K.: Woodhead Publishing, 2021, pp. 433–470, Doi: 10.1016/B978-0-12-818712-8.00011-2.
- [9] P. F. Mohammad and J. R. Doke, "Vehicle concept modeling: A new technology for structures weight reduction," Procedia Engineering, vol. 49, pp. 293–297, 2012, Doi: 10.1016/j.proeng.2012.10.139.
- [10] K. Solanki and M. F. H. H. Fang, "Energy-based crashworthiness optimization for multiple vehicle impacts," in Proc. ASME Int. Mech. Eng. Congr. Expos. (IMECE), 2004, pp. 11–16, Doi: 10.1115/IMECE2004-59123.
- [11] "1996 Dodge Neon - Finite Element Model," Yumpu, Oct. 2014. [Online]. Available: <https://www.yumpu.com/en/document/view/29478335/1996-dodge-neon-finite-element-model>.
- [12] National Crash Analysis Center (NCAC), "HGV-38 heavy goods vehicle model," Washington, DC, USA, 2015.
- [13] Insurance Institute for Highway Safety (IIHS), "Intrusion limits in passenger compartment evaluation," 2022.