

## ỨNG DỤNG GRABCAD TRONG MÔ PHỎNG KỸ THUẬT Ô TÔ

Nguyễn Thanh Quang<sup>1</sup>, Lê Văn Anh<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Mô phỏng kỹ thuật ô tô trên những mô hình 3-D phản ánh trung thực kết cấu và đặc tính kỹ thuật của chi tiết, cụm chi tiết hoặc cả ô tô và thực hiện bởi những phần mềm chuyên dụng. Mô phỏng kỹ thuật ô tô hiện nay đã phát triển mạnh và rộng rãi nhờ sự phát triển của các công nghệ thiết kế nhanh như quét quang học, in 3-D và các phần mềm ngày càng bổ sung các ứng dụng mở rộng.

Trong quá trình mô phỏng kỹ thuật ô tô, công việc thiết kế chiếm nhiều thời gian nhưng lại ảnh hưởng đến ý nghĩa của bài toán. Grabcad là một địa chỉ cung cấp mô hình thiết kế 3-D miễn phí và mô hình đáng tin cậy.

Bài báo trình bày việc ứng dụng Grabcad với mô hình 3-D vỏ xe con. Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn và phần mềm Ansys Workbench mô phỏng kỹ thuật dao động vỏ xe con khi sử dụng lớp tôn vỏ mỏng có chiều dày khác nhau và cũng so sánh khi thay thế bằng vật liệu tổng hợp composit. Kết quả đã phân tích dao động riêng, dao động điều hòa của vỏ xe với các thông số kích thước và vật liệu khác nhau. Kết hợp với phân tích tần số lực kích thích lên vỏ xe, lựa chọn chiều dày lớp tôn phù hợp sử dụng vật liệu tổng hợp tránh vùng cộng hưởng dao động của vỏ xe.

**Từ khóa:** Grabcad, Vỏ xe Camaro, Phần tử hữu hạn, Phân tích dao động.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

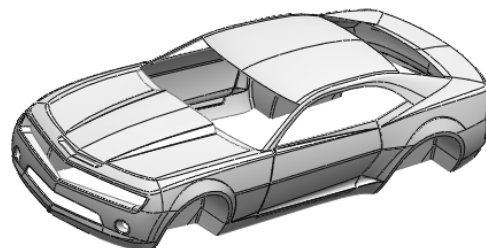
Grabcad là một thư viện các mô hình thiết kế 3-D của nhiều lĩnh vực trên mạng Internet, trong đó lĩnh vực cơ khí ô tô có nhiều sản phẩm. Grabcad đã có trên 6 triệu thành viên tham gia. Các kỹ sư khắp các nước trên thế giới là những người thực hiện và đưa các mô hình thiết kế lên trang web ở các dạng file AutoCAD, file.\*sldprt, step, iges,... là các file nguồn để người dùng sử dụng trên những phần mềm Solidworks, Catia, Siemens NX, Hyperworks

(<https://grabcad.com/>). Điều thuận lợi là khi chọn được mô hình mong muốn, nếu chưa phù hợp với yêu cầu thì người dùng có thể chỉnh sửa lại như tự mình thiết kế từ đầu, và có thể trao đổi trực tiếp với kỹ sư thiết kế để có được những điều chỉnh hợp lý nhất.

Hình 1.a là chiếc xe thể thao Chevrolet Camaro của hãng GM được sử dụng rộng rãi trong giới thanh niên Việt Nam. Từ Grabcad ta download mô hình 3-D bộ vỏ xe file “camaro.sldprt” đọc trong phần mềm Solidworks, hình 1.b.



a)



b)

Hình 1. Xe thể thao Chevrolet Camaro

Dao động cùng với độ ồn (NVH) của vỏ xe là thông số quan trọng hàng đầu ảnh hưởng đến chất lượng xe trong vận hành. Sử dụng phương pháp

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

phần tử hữu hạn (FEM) phân tích dao động vỏ xe bao gồm các phần tử hình tam giác và hình chữ nhật, thứ tự của các phần tử có thể là tuyến tính hoặc bậc hai có nhiều ưu điểm nên ngày nay được sử dụng khá phổ biến (Gang Shen, 2012). Nghiên cứu về dao

động thân xe nhằm giảm rung và ồn, tác giả đã sử dụng phương pháp FEM phân tích các dao động ở tần số thấp trong vùng dưới 200 Hz bao gồm những tần số có ảnh hưởng đến con người. Thông số NVH đã được phân tích modal của mô hình thân vỏ xe con và tìm ra biện pháp giảm khối lượng thân xe và tối ưu hóa các chi phí (Sang-Hyun Jee1, nnk 2000). Phân tích tiếng ồn trong khoang xe khách cỡ lớn nhằm tìm ra phương án lựa chọn vật liệu có hệ số hấp thụ âm lớn để chế tạo vỏ xe, phương pháp phân tích phần tử hữu hạn cũng đã được sử dụng (Sang-Hyun Jee1, nnk 2000).

## 2. PHÂN TÍCH MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN VỎ XE

### 2.1 Cơ sở khoa học

Tần số dao động tự nhiên của vỏ xe được xác định bởi công thức (1)

$$c_b = \sqrt{\omega \rho k C_1} \quad (1)$$

Trong đó  $\omega$  là tần số tự nhiên của một tấm;  $\rho$  là mật độ vật liệu;  $C_1$  là vận tốc của sóng nén đàn hồi, khoảng 5100m/s đối với thép và  $k$  là tỷ lệ mômen quán tính quay với diện tích mặt cắt, phụ thuộc vào độ dày tấm và được xác định bởi công thức (2).

$$k = \frac{h}{\sqrt{12}} \quad (2)$$

Tần số dao động tự nhiên, mật độ vật liệu có liên quan đến ứng suất xuất hiện trong tấm ở công thức (3).

$$\sigma_x = \sqrt{E \cdot \rho} \cdot c_b = \rho \cdot C_1 \cdot c_b \quad (3)$$

Và biên dạng (Total displacement) của tấm vỏ xe theo thời gian cũng được xác định trong công thức (4).

$$u = (\rho \cdot k \cdot C_1)^2 \int_0^T \omega^2 dt \quad (4)$$

### 2.2 Mô hình hóa

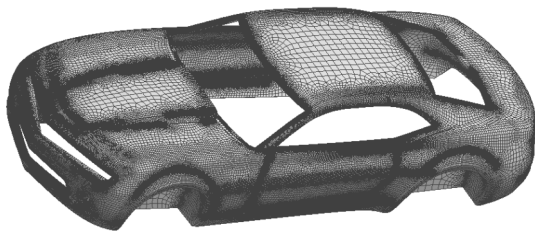
Mô hình vỏ xe Camaro sử dụng từ Grabcad và lựa chọn kiểu phần tử SHEEL181 bao gồm 4 nút với 6 bậc tự do tại mỗi nút. Vật liệu gốc của tấm loại Steel dày 1.0 mm. Các thông số của dạng phần tử và thông số của vật liệu thép có trong thư viện của phần mềm Ansys Workbench 18.2. Trong khảo sát sẽ thay đổi các chiều dày theo nhóm 1.0, 1.2, 1.4 mm đối với vật liệu tôn mỏng và loại vật liệu tổng hợp composite GPRF. Thông số của vật liệu GPRF không có trong thư viện phần mềm, ta khai báo bổ sung. Bảng đặc tính vật liệu nêu trong bảng 1 (Yunfu Ou, nnk 2016).

**Bảng 1. Đặc tính vật liệu thép và composite**

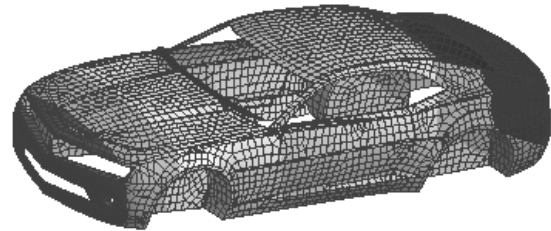
Loại vật liệu	Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> )	Mô đun Young (GPa)	Ứng suất kéo (MPa)	Ứng suất uốn (MPa)	Hệ số Poisson	Chiều dày khảo sát (mm)
Thép tấm	7890	210	210	460	0.3	1.0, 1.2, 1.4
CFRP-Epoxy	1600	150	1100	1100	0.22	3.0

Mô hình chia lưới phần tử vỏ xe thực hiện với kích thước lưới 30 mm và được kiểm soát chất lượng lưới

theo tiêu chuẩn đánh giá của phần mềm, tổng số nút và phần tử là 481194 nút và 491474 phần tử, hình 2.



a) Phân bố lưới trên vỏ xe



b) Phân bố chuyển vị, ứng suất trên vỏ xe

*Hình 2. Mô hình chia lưới PTHH vỏ xe*

Tải đặt lên mô hình gồm tải trọng tĩnh và tải trọng động. Tải trọng tĩnh là các lực kích thích từ hệ thống truyền lực khi động cơ nổ máy, trọng lượng

của số người ngồi trong xe. Tải trọng động kích thích từ mặt đường khi xe chạy các vận tốc khác nhau, lực cản không khí và lực cản lên dốc.

### 2.3 Phân tích dao động riêng

Các dạng dao động riêng và tần số dao động riêng thay đổi theo chiều dày lớp tôn vỏ mỏng và

loại vật liệu composite. Kết quả khảo sát 10 dạng dao động đầu tiên chỉ ra trên hình 3. Các giá trị cụ thể nêu trong bảng 2.

**Bảng 2. Các dạng dao động riêng và tần số dao động riêng**

Mode	Loại vật liệu			
	1.0 mm	1.2 mm	1.5 mm	CFRP
1	2.82E-04	3.02E-04	3.55E-04	1.98E-09
2	4.34E-04	3.04E-04	6.29E-04	2.38E-09
3	6.0617	6.6127	7.3789	6.51E-05
4	7.8064	9.3593	11.666	1.08E-04
5	7.8095	9.3636	11.686	1.41E-04
6	9.2953	10.278	11.696	1.41E-04
7	13.572	15.079	17.165	1.57E-04
8	16.751	18.484	20.961	1.96E-04
9	19.037	21.459	24.986	2.43E-04
10	19.844	23.136	25.583	2.51E-04

### 3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU DÀY VỎ MỎNG VÀ LOẠI VẬT LIỆU ĐẾN DAO ĐỘNG VỎ XE

Kết quả mô phỏng đã nhận được là biên độ dịch chuyển của vỏ xe ứng với từng tần số dao động. Ta quan tâm đến các tần số dao động có biên độ lớn nhất trong 10 dạng dao động đầu tiên của vỏ xe trong bảng 1 ở trên. Xét tại dạng dao động thứ ba, bằng mô hình phổ màu ta thấy vỏ xe bị “xoắn-uốn” rất lớn. Giá trị dịch chuyển của các dao động này sẽ xem xét cụ thể.

#### 3.1 Trường hợp vỏ tôn chiều dày 1,0 mm

Trên vỏ xe tôn mỏng 1.0 mm, tại dạng dao động thứ ba có tần số dao động 6.0617 Hz, mức độ dịch chuyển trong phạm vi 3.7815e-15 đến 0,4094 m. Đây là giá trị biến dạng tại điểm có mức độ nhỏ nhất (trên nắp ca bô sát mép kính chắn gió trước và nóc xe) và bốn điểm mép dưới tại bốn góc của vỏ xe, hình 3.a.

#### 3.2 Trường hợp vỏ tôn chiều dày 1,2 mm

Trên vỏ xe tôn mỏng 1.2 mm, tại dạng dao động thứ ba có tần số dao động 6.6127 Hz, mức độ dịch chuyển trong phạm vi 2.8463e-15 đến 0,37331 m. Tương tự trường hợp trên, đây là giá trị biến dạng tại điểm có mức độ nhỏ nhất (trên nắp ca bô sát mép kính chắn gió trước và nóc xe) và bốn điểm mép dưới tại bốn góc của vỏ xe, hình 3.b.

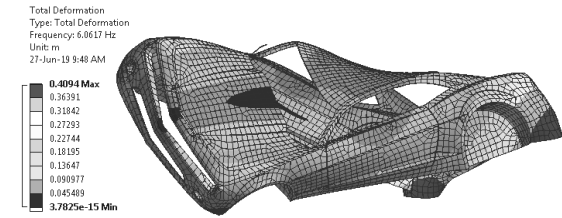
#### 3.3 Trường hợp vỏ tôn chiều dày 1,5 mm

Trên vỏ xe tôn mỏng 1.5 mm, tại dạng dao động thứ ba có tần số dao động 7.3789 Hz, mức độ dịch chuyển trong phạm vi 3.9307e-15 đến 0,33392 m. Tương tự trường hợp trên, đây là giá trị biến dạng tại điểm có mức độ nhỏ nhất (trên nắp ca bô sát mép kính chắn gió trước và nóc xe) và bốn điểm mép dưới tại bốn góc của vỏ xe, hình 3.c. Các giá trị biến dạng gần sát với trường hợp vỏ tôn dày 1.2 mm.

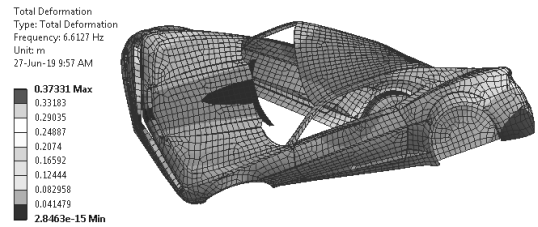
#### 3.4 Trường hợp vỏ tôn sử dụng vật liệu tổng hợp CFRP-Epoxy chiều dày 3,0 mm

Vật liệu tổng hợp có khối lượng riêng, mô đun đàn hồi và hệ số Poisson thấp hơn của vật liệu thép nên các dịch chuyển trên vỏ xe sẽ lớn hơn vỏ thép. Trên vỏ xe composite dày 3.0 mm, tại dạng dao động thứ ba có tần số dao động 6.5132 Hz, mức độ dịch chuyển trong phạm vi 0.2078e-14 đến 0,52673 m. Tương tự trường hợp trên, đây là giá trị biến dạng tại điểm có mức độ nhỏ nhất (trên nắp ca bô sát mép kính chắn gió trước và nóc xe) và bốn điểm mép dưới tại bốn góc của vỏ xe, hình 3.d.

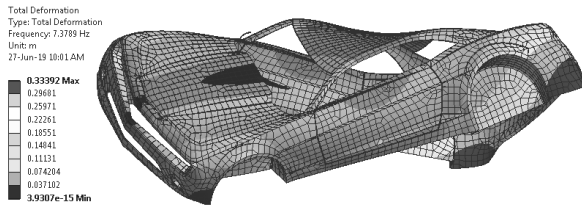
Từ bốn trường hợp khảo sát cho các kết quả về dao động và biến dạng của vỏ xe bằng tôn mỏng chiều dày nhỏ 1.0 mm sẽ có giá trị cao nhất, tăng chiều dày thì giá trị này giảm theo. Khi sử dụng vật liệu tổng hợp CFRP-Epoxy thì sự thay đổi rõ hơn, dao động tần số thấp hơn và biến dạng cũng thấp hơn vỏ tôn mỏng, hình 4.



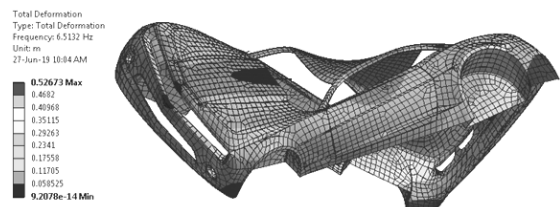
a. Mức biến dạng vỏ xe chiều dày tôn 1.0 mm



b. Mức biến dạng vỏ xe chiều dày tôn 1.2 mm

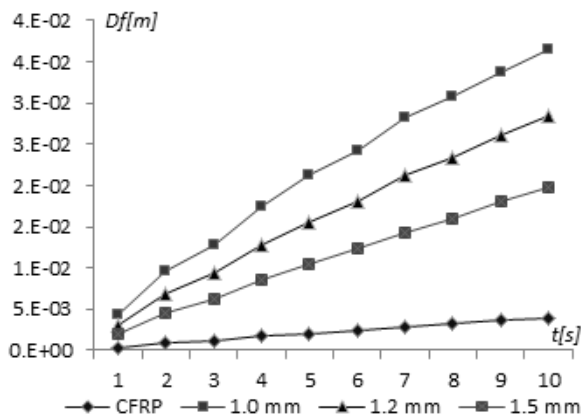


c. Mức biến dạng vỏ xe chiều dày tôn 1.5 mm



d. Mức biến dạng vỏ xe vật liệu composite CFRP-Epoxy dày 3.0 mm

Hình 3. Mức biến dạng vỏ xe với các đặc tính vật liệu khác nhau



Hình 4. Mức biến dạng vỏ xe theo thời gian

#### 4. KẾT LUẬN

Chiều dày lớp tôn mỏng phủ vỏ xe ô tô là thông số ảnh hưởng đến dao động của vỏ xe. Để khắc phục mức độ dao động lớn ảnh hưởng đến hành khách, một lựa chọn được gợi ý là sử dụng vật liệu tổng hợp CFRP-Epoxy, tuy nhiên cần chú ý đến vấn đề công nghệ để đảm bảo độ bền của vỏ xe cũng như giá thành chế tạo. Sử dụng phương pháp phần tử hữu

hạn với phần mềm chuyên dụng Ansys Workbench 18.2 giúp ta phân tích có nhiều kết quả tin cậy.

Grabcad đã cung cấp mô hình vỏ xe Chevrolet Camaro dạng 3-D, sử dụng được ngay không cần hiệu chỉnh. Trong phân tích không có lỗi xảy ra, các kích thước của mô hình đã được kiểm chứng đảm bảo độ chính xác. Trên trang Grabcad có nhiều mô hình ngành Kỹ thuật Cơ khí Động lực, có thể được phân theo các lĩnh vực, người dùng có thể tham khảo một số mô hình trong trang web: [www.grabcad.com](http://www.grabcad.com)

Các lĩnh vực chính có bản thiết kế 3D trong Grabcad gồm:

1. Lĩnh vực xe con: Xe Sedan, SUV, Pick up, xe thể thao
2. Lĩnh vực xe thương mại: Xe tải thùng 1 cầu chủ động, xe 3 cầu, xe khách.
3. Lĩnh vực xe quân sự: Xe đặc chủng, xe chở quân, xe kéo pháo, xe máy công binh.
4. Lĩnh vực máy nông nghiệp: Máy kéo, máy cày bừa.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Trịnh Minh Hoàng, Trần Phúc Hòa (2019), “Khảo sát ảnh hưởng của hệ số hấp thụ âm thanh của vật liệu đến độ ồn bên trong xe khách 45 chỗ lắp ráp tại Việt Nam”, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 6(1), tr 136-139.
- Gang Shen (Gang Shen Chen) (2012), “Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality”. SAE International. 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, USA.

Sang-Hyun Jee<sup>1</sup>, Jong-Cheol Yi, (2000), “*The Application of the Simulation Techniques to Reduce the Noise and Vibration in Vehicle Development*”, Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress, F2000H240.  
Yunfu Ou, Deju Zhu, Huaian Zhang, Liang Huang, Yiming Yao, Gaosheng Li, Barzin Mobasher (2016), “*Mechanical Characterization of the Tensile Properties of Glass Fiber and Its Reinforced Polymer (GFRP) Composite under Varying Strain Rates and Temperatures*”. Polymers 2016, 8, 196; doi:10.3390/polym8050196.  
<https://grabcad.com/>

**Abstract:**

**GRABCAD APPLICATION IN SIMULATION OF AUTOMOBILE TECHNOLOGY**

*Automotive engineering simulation on 3-D models if done right will accurately reflect the structure and technical characteristics of parts, component assemblies or the whole vehicles. 3-D model is often done in specialized software. Automotive engineering simulation has now grown strongly and extensively thanks to the development of fast design and rapid prototyping technologies such as optical scanning, 3D printing and software that are increasingly adding extended applications.*

*In the process of automotive engineering simulation, the design work takes a lot of time while significantly affects the outcome of the problem. Grabcad is a repository that provides free 3-D design models with high level of details and accuracy.*

*The paper presents the Grabcad application with 3-D model of vehicle body. Using finite element method and Ansys Workbench software, vehicle body is simulated to study the vibration behavior when using thin metal plates with different thickness. The simulation is repeated with composite material instead of metal. The results include the analyses of each individual oscillation, harmonic vibration of the body with different thicknesses and materials. Combined with analyzing the excitation force frequency on the tires, the study suggest the optimal selection the plates thickness or use composite materials to avoid the resonance and improve the vibration characteristics.*

**Keywords:** Grabcad, Car body, Mode shape analysis, Harmonic analysis.

---

Ngày nhận bài: 02/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 16/8/2019