

XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG VÀ ĐỘ BỀN DẦM CẦU TRƯỚC Ô TÔ TẢI BA CẦU

DETERMINATION OF THE LOAD AND RELIABILITY ON THE FRONT AXLE OF A THREE-AXLE TRUCK

LÊ THANH TUẤN^{1,a}, NGUYỄN THANH TÙNG¹,

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

^aTác giả liên hệ: tuanlt@vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 25/3/2024; Phản biện (Reviewed): 06/4/2024; Chấp nhận (Accepted): 14/4/2024

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả xác định tải trọng tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải ba cầu Hyundai HD270 bằng phương pháp Newton và mô phỏng ứng suất bằng phần mềm Altair Simsolid. Kết quả đã xác định các chế độ tải trọng tác dụng dầm cầu trước khi ô tô chuyển động thẳng với lực phanh cực đại (lực phanh cực đại bằng lực bám dọc; $P_{Pmax} = P_{\phi} = F_z \cdot \phi_x$), ô tô quay vòng với lực ngang cực đại (lực ngang cực đại bằng lực bám ngang $P_{lmax} = P_z \cdot \phi_y$), ô tô chuyển động thẳng với tải trọng vượt tải 50% và 75%. Từ kết quả xác định trên, nhóm tác giả tiến hành đánh giá độ bền dầm cầu trước khi chịu tải. Kết quả phân tích cho thấy dầm cầu trước xe tải 3 cầu đảm bảo điều kiện bền khi xe chở quá tải 75% khi di chuyển trên đường xấu. Từ kết quả mô phỏng trong trường hợp này, người lái xe cần hạn chế lưu thông trên đường xấu khi chở quá tải từ 75% để đảm bảo độ bền cho các chi tiết trên xe cũng dầm cầu trước, tránh các sự cố, tai nạn xảy ra trên đường.

Từ khóa: Ô tô tải ba cầu, dầm cầu trước, tải trọng.

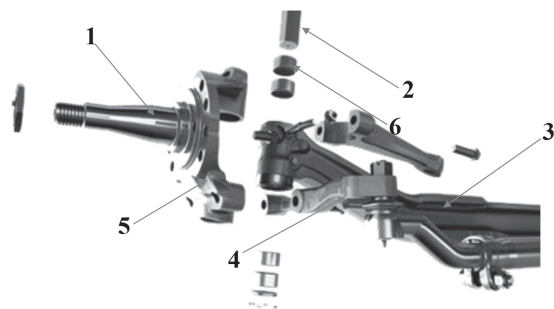
ABSTRACT

The article presents the results of determining the loads acting on the front of a three-axle Hyundai HD270 truck using the Newton method and simulating stress with Altair Simsolid software. The results identified the load conditions on the front beam before the truck moves straight with maximum braking force (maximum braking force equal to the longitudinal adhesive force $P_{Pmax} = P_{\phi} = F_z \cdot \phi_x$), when the truck turns with maximum lateral force (maximum lateral force equal to the lateral adhesive force $P_{lmax} = P_z \cdot \phi_y$), and when the truck moves straight with overload of 50% and 75%. Based on the determined results, the authors proceeded to evaluate the durability of the front under load. The analysis results show that the front of the 3-axle truck ensures durability conditions when the vehicle carries an overload of 75% while traveling on rough roads. From the simulation results in this case, drivers need to limit traffic on rough roads when carrying an overload of more than 75% to ensure durability for both the vehicle components and the front, thereby avoiding accidents and incidents on the road.

Keywords: three-axle truck, front axle, load.

1. GIỚI THIỆU

Dầm cầu trước của ô tô là một bộ phận quan trọng, làm nhiệm vụ nâng đỡ các khối lượng được treo của ô tô như thùng, cabin, hàng hóa, người lái xe Dầm cầu còn là bộ phận bắt buộc phải kiểm bền và đảm bảo an toàn không bị cong vênh, gãy trong quá trình sử dụng. Dầm cầu được thiết kế liền khối và được chế tạo bằng cách rèn thép có 0,4% carbon hoặc 1-3% Niken. Dầm trục trước được tạo thành hình chữ I ở phần giữa. Các đầu được làm thành hình tròn hoặc hình elip để kết nối với hệ thống lái và bánh xe. Kết cấu tiết diện chữ I chịu tải trọng uốn gây ra bởi tải trọng của xe và mô-men xoắn bằng phanh bánh xe. Phần trung tâm của trục trước được chế tạo cong xuống để duy trì chiều cao khung xe ở mức thấp. Hệ thống treo được gắn trên dầm trục ở khoảng cách đều nhau từ tâm của dầm [1,2].



Hình 1. Dầm cầu bị động dẫn hướng ô tô tải

1. Trục cam quay; 2. Trụ đứng; 3. Dầm cầu;
4. Đòn quay; 5. Cam quay; 6. Ống lót.

Xuất phát từ những nhu cầu trên, tác giả đã chọn hướng nghiên cứu về độ bền của dầm cầu tải ba cầu, góp phần xây dựng một số cơ sở lý thuyết cho việc đánh giá độ bền của dầm cầu. Đây là một vấn đề nghiên cứu cần thiết, nhằm xác định tải trọng tác dụng lên dầm cầu, làm cơ sở tính toán độ bền tĩnh trong các điều kiện làm việc. Từ đó phân tích độ bền của

dầm cầu đánh giá và so sánh thời gian hư hỏng của dầm cầu khi chịu tải trọng đầy tải và quá tải, lấy cơ sở để tối ưu hóa kết cấu nhằm tăng độ bền giảm vật liệu chế tạo [1,2].

Trong nghiên cứu này, tác giả đã xác định các lực và phản lực tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải ba cầu trong các trường hợp làm việc đặc trưng khi đầy tải và quá tải 50% và 75%. Từ đó làm cơ sở dữ liệu để nghiên cứu và tính toán độ bền dầm cầu ở các trường hợp làm việc đặc trưng.

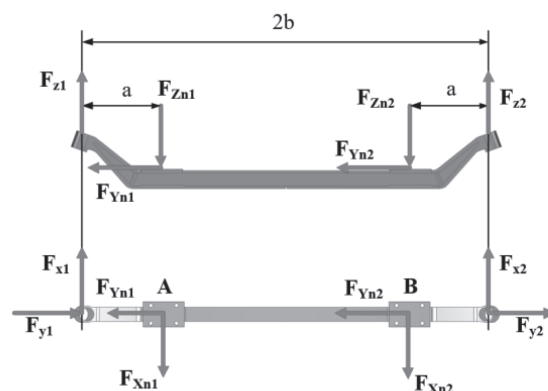
2. NỘI DUNG

2.1. Các tải trọng tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải 3 cầu

Sơ đồ các lực tác dụng lên dầm cầu trước của ô tô tải 3 cầu được mô tả trên hình 1. Dầm cầu được đặt trên các bánh xe có bán kính r_{bx} , đỡ trọng lượng phần được treo thông qua các bộ nhíp đặt tại các vị trí A và B [3].

Trong mặt phẳng ngang, dầm cầu chịu tác dụng của các phản lực từ mặt đường F_{Z1} , F_{Z2} và các lực từ nhíp F_{Zn1} và F_{Zn2} tương ứng phía trái và phải xe.

Trong mặt phẳng song song với mặt đường, dầm cầu chịu tác dụng của các lực dọc F_{x1} và F_{x2} (lực phanh) và lực từ nhíp truyền qua các gối đỡ F_{xn1} và F_{xn2} .



Hình 2. Sơ đồ các lực tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải ba cầu

Trong chuyển động quay vòng có thêm các lực ngang F_{y1} , F_{y2} đặt tại vết tiếp xúc bánh xe với mặt đường. Đồng thời tại vị trí lắp nhíp sẽ có các lực F_{yn1} và F_{yn2} (F_{y1} và F_{yn1} lực và phản lực ngang thân xe tác dụng lên hệ thống treo, bánh xe trước trái tác dụng lên dầm cầu; F_{y2} và F_{yn2} lực và phản lực ngang thân xe tác dụng lên hệ thống treo, bánh xe trước phải tác dụng lên dầm cầu). Từ phương pháp Newton ta thiết lập được các phương trình lực theo các phương x, y, z:

$$\begin{cases} F_{x1} + F_{x2} - F_{Xn1} + F_{Xn2} = 0 \\ F_{y1} + F_{y2} - F_{Yn1} - F_{Yn2} = 0 \\ F_{z1} + F_{z2} = F_{Zn1} + F_{Zn2} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: F_{x1} ; F_{x2} ; F_{Xn1} ; F_{Xn2} : Lực và phản lực tác dụng lên dầm cầu trước trái, phải theo phương x;

F_{y1} ; F_{y2} ; F_{Yn1} ; F_{Yn2} : Lực và phản lực tác dụng lên dầm cầu trước trái, phải theo phương y;

F_{z1} ; F_{z2} ; F_{Zn1} ; F_{Zn2} : Lực và phản lực tác dụng lên dầm cầu trước trái, phải theo phương z.

2.2. Xác định tải trọng theo phương pháp truyền thống

2.2.1 Lực và phản lực tác dụng lên dầm cầu khi ô tô đầy tải

2.2.1.1 Tải trọng trường hợp ô tô đứng yên đầy tải

Trong trường hợp này ô tô đứng yên trên đường nằm ngang thì cầu trước chịu tải trọng gồm tổng tải trọng ô tô 26000 kg (được xác định bằng thực nghiệm) [4] chia các cầu xe, hệ số phân bố tải trọng cầu trước là 0,35 [4] nên khối lượng phân bố lên cầu trước ở trường hợp này là 9000 kg, từ đó xác định được tải trọng tác dụng lên dầm cầu trước như sau [5]:

$$F_{z1} = m \cdot g \quad (2)$$

Trong đó: F_{z1} : Lực tác dụng lên dầm cầu trước (N)

m: Khối lượng cầu trước của ô tô (kg)

g: Gia tốc trọng trường (9,81 m/s²)

2.2.1.2 Tải trọng trường hợp ô tô đầy tải với lực phanh cực đại

Trường hợp này các dầm cầu chịu tác dụng tải trọng đồng thời dầm cầu trước chịu thêm lực quán tính, từ đó hệ số phân bố tải trọng ở cầu trước tăng thêm. Đối với ô tô tải khi phanh hệ số phân bố tải trọng 1,15-1,35 nên phản lực từ mặt đường tác dụng lên bánh xe trước trái và phải được xác định như sau [5].

Đồng thời khi phanh dầm cầu chịu lực dọc tại vị trí tiếp xúc giữa bánh xe với mặt đường F_x , tác dụng lên dầm thông qua bánh xe và có độ lớn bằng tích phản lực tại bánh xe F_z với hệ số bám dọc φ_x (chọn $\varphi_x = 0,8$) [5].

$$\text{Từ đó, ta có } F_{x1} = F_{x2} = F_z \cdot \varphi_x \quad (3)$$

Trong đó: F_{x1} ; F_{x2} : Phản lực theo phương dọc bánh xe trước trái, trước phải (N);

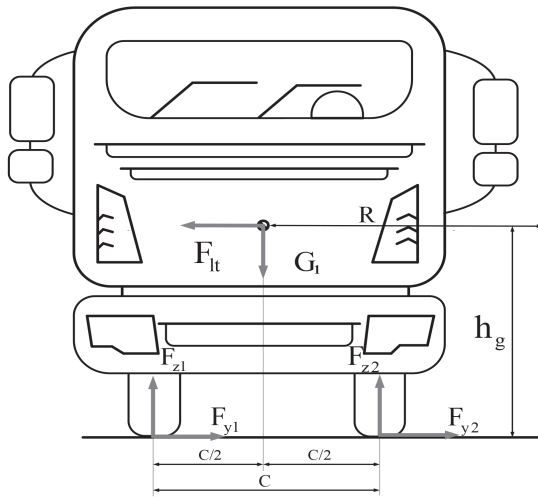
F_z : Phản lực thẳng đứng tác dụng từ đường lên bánh xe (N);

φ_x : Hệ số bám dọc

2.2.1.3 Tải trọng trường hợp ô tô đầy tải với lực ly tâm cực đại

Xét trường hợp xe quay vòng với bán kính quay vòng nhỏ nhất theo thông số của hãng công bố là 7m và vận tốc quay vòng tối đa là 20 km/h, chiều cao trọng tâm xe tính từ mặt đường là 1,66m [4]. Khi đó dầm cầu trước giữa bên trái và bên phải các tải trọng phân bố không đều, cụ thể: Góc đỡ ngoài tâm quay vòng chịu thêm lực tác

dụng của lực ly tâm [5]. Từ hình 2 ta xác định được lực ly tâm tác dụng lên cầu trước của ô tô như sau:



Hình 3: Lực và phản lực khi ô tô quay vòng

Trong đó: G_1 : Khối lượng cầu trước của ô tô (kg);

R : Bán kính quay vòng tối thiểu của ô tô (m);

C : Khoảng cách giữa 2 tâm bánh xe trước (m);

h_g : Chiều cao trọng tâm ô tô (m);

F_{lt} : Lực ly tâm tác dụng cầu trước ô tô (N);

F_{z1}, F_{z2} : Phản lực thẳng đứng tác dụng từ mặt đường lên bánh xe trái, phải (N);

F_{y1}, F_{y2} : Phản lực ngang tác dụng từ mặt đường lên dầm cầu (N);

Do đó, phản lực tác dụng lên bánh xe ngoài tâm quay vòng được xác định như sau [5]:

$$F_{z1} = \frac{G_1 \cdot g \cdot \frac{C}{2} + P_{lt} \cdot h_g}{C}; F_{z2} = \frac{G_1 \cdot g \cdot \frac{C}{2} - P_{lt} \cdot h_g}{C} \quad (3)$$

Khi ô tô quay vòng, lớp xe tác dụng lực ngang lên dầm cầu với giá trị cực đại bằng tích giữa phản lực tại bánh xe với hệ

số bám ngang [5]:

$$F_{y_{max}} = F_z \cdot \phi_{y_{max}} \quad (5)$$

Trong đó $F_{y_{max}}$: Lực ngang cực đại từ mặt đường tác dụng lên dầm cầu trước (N);

$\phi_{y_{max}}$: Hệ số bám ngang cực đại.

2.2.1.4 Tải trọng thẳng đứng F_z trường hợp ô tô đầy tải trên đường xấu

Ô tô di chuyển trên đường xấu, phản lực tác dụng F_z trong trường hợp này bằng tích phản lực ô tô ở trạng thái tĩnh với hệ số tải trọng động [3]:

$$F_{zd} = F_{zt} \cdot k_d \quad (6)$$

Trong đó F_{zd} : Phản lực thẳng đứng khi ô tô trên đường xấu (N);

Với k_d : hệ số tải trọng động, (chọn $k_d = 2$).

Từ đó xác định được phản lực tác dụng khi ô tô chuyển động trên đường xấu F_{zd} .

Các trường hợp ô tô đầy tải được tính toán và tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1: Tải trọng tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải khi đầy tải

TT	Tải trọng	Ô tô chuyển động thẳng	Ô tô chuyển động thẳng với lực phanh cực đại	Ô tô quay vòng với lực ngang cực đại	Trên đường xấu với lực thẳng đứng cực đại
1	F_{x1}	0	47676	0	0
2	F_{x2}	0	47676	0	0
3	F_{y1}	0	0	42685	0
4	F_{y2}	0	0	36774	0
5	F_{z1}	44145	59595	47428	88290
6	F_{z2}	44145	59595	40860	88290

2.2.2. Tính toán xác định tải trọng tác dụng ô tô quá tải 50%

Trong trường hợp ô tô đầy tải với hàng hóa chuyên chở cho phép là 14 tấn, trường hợp ô tô quá tải 50% khối lượng hàng hóa tăng thêm 7 tấn. Từ hệ số phân bố tải trọng ở cầu trước là 0,35 (từ quá trình thực nghiệm) do đó khối lượng đặt trên cầu trước trong trường hợp quá tải này được suy ra là 11,450 tấn.

Công thức xác định các phản lực tương tự như trường hợp ô tô đầy tải, sau quá trình tính toán tác giả tổng hợp kết quả như trong bảng 2:

Bảng 2: Tải trọng tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải khi quá tải 50%

TT	Tải trọng	Ô tô chuyển động thẳng	Ô tô chuyển động thẳng với lực phanh cực đại	Ô tô quay vòng với lực ngang cực đại	Trên đường xấu với lực thẳng đứng cực đại
1	F_{x1}	0	60655	0	0
2	F_{x2}	0	60655	0	0
3	F_{y1}	0	0	54320	0
4	F_{y2}	0	0	46771	0
5	F_{z1}	56162	75819	60356	112324
6	F_{z2}	56162	75819	51968	112324

2.2.3. Tính toán xác định tải trọng tác dụng ô tô quá tải 75%

Trường hợp ô tô đầy tải với hàng hóa chuyên chở cho phép là 14 tấn, trường hợp ô tô quá tải 75% khối lượng hàng hóa tăng thêm 10,5 tấn. Từ hệ số phân bố tải trọng ở cầu trước là 0,35 (từ quá trình thực

nghiệm) do đó khối lượng đặt trên cầu trước trong trường hợp quá tải này được suy ra là 12,675 tấn.

Công thức xác định các phản lực tương tự như trường hợp ô tô đầy tải, sau quá trình tính toán tác giả tổng hợp kết quả như trong bảng 3:

Bảng 3: Tải trọng tác dụng lên dầm cầu trước ô tô tải khi quá tải 75%

TT	Tải trọng	Ô tô chuyển động thẳng	Ô tô chuyển động thẳng với lực phanh cực đại	Ô tô quay vòng với lực ngang cực đại	Trên đường xấu với lực thẳng đứng cực đại
1	F_{x1}	0	67144	0	0
2	F_{x2}	0	67144	0	0
3	F_{y1}	0	0	60131	0
4	F_{y2}	0	0	51775	0
5	F_{z1}	62170	83930	66813	124340
6	F_{z2}	62170	83930	57528	124340

2.3 Tính toán ứng suất khi dầm cầu chịu tác dụng ở các điều kiện làm việc đặc trưng

Altair Simsolid là phần mềm kỹ thuật chuyên xử lý, tính toán các bài toán tuyến tính, phi tuyến về độ bền của kết cấu. Phần mềm có nhiều ưu điểm nổi trội như mang tính toàn vẹn và hiệu quả trong thiết kế, giảm thời gian tính toán với tốc độ xử lý nhanh chóng, giao diện được đơn giản hoá, dễ sử dụng và cho ra kết quả đáng tin cậy. Altair Simsolid tương thích được với nhiều phần mềm khác như Solidworks, Onshape, Autodesk Fusion, Inventor,...

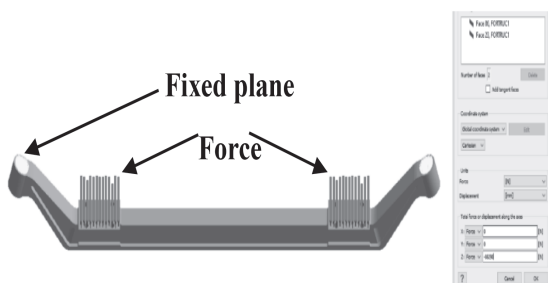
Dầm cầu trước của ô tô tải được chế tạo từ vật liệu SAE 1020 có các đặc tính như khả năng gia công cao, độ bền cao, độ dẻo cao và khả năng hàn tốt và có một số tính chất và hàm lượng như sau [6]:

Bảng 4: Tính chất vật lý đặc trưng của dầm cầu

Mật độ: 7850 kg/m ³	Hàm lượng C: 0,17-0,23 %
Modul đàn hồi: 210GPa	Hàm lượng Fe: 99,8 -99,53 %
Ứng suất biến dạng: 250 MPa	Hàm lượng Mn: 0,3-0,6 %
Ứng suất cắt giới hạn: 600 MPa	Hàm lượng P: 0,04%
Ứng suất kéo giới hạn: 460 MPa	Hàm lượng S: ≤ 0,05%

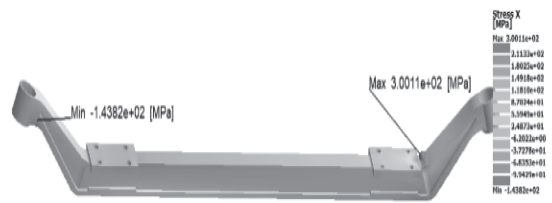
Trong các làm việc của ô tô, tác giả thấy rằng khi ô tô quay vòng với lực ngang cực đại và ô tô di chuyển trên đường gồ ghề thì phản lực tác dụng lên dầm cầu là lớn nhất. Nên trong bài báo tác giả chỉ thể hiện các kết quả tính toán ở các trường hợp trên trong phần mềm chuyên dụng Altair Simsolid. Trong bài toán dầm cầu chịu tải tác giả đặt lực tác dụng như hình 1 và điều kiện biên tại 2 đầu của dầm như hình 4.

Kết quả phân tích ở các trường hợp được thể hiện như hình:

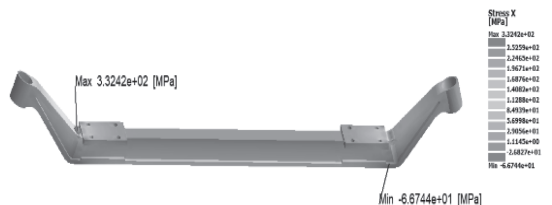


Hình 4: Điều kiện biên của dầm cầu trước ô tô tải

2.3.1 Tính toán độ bền ô tô đầy tải



Hình 5: Trường hợp ô tô đầy tải quay vòng (Fy1= 42685 N; Fy2= 36774 N; Fz1= 47428 N; Fz2= 40860 N)



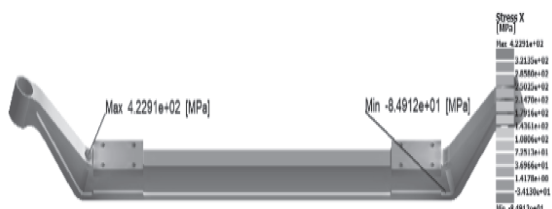
Hình 6: Trường hợp ô tô đầy tải trên đường xấu (Fz1= Fz2=88290 N)

Trong trường hợp ô tô đầy tải chuyển động quay vòng có ứng suất ($\sigma = 300$ Mpa) có giá trị bé hơn giá trị ứng suất trong trường hợp ô tô di chuyển trên đường xấu ($\sigma = 332$ Mpa). Cả hai trường hợp trong điều kiện đầy tải, giá trị ứng suất lớn nhất nằm trong phạm vi cho phép $\leq [\sigma]$

2.3.2 Tính toán độ bền ô tô quá tải 50%



Hình 7: Trường hợp ô tô quá tải 50% quay vòng (Fy1=54320 N; Fy2=46771 N; Fz1=60356 N; Fz2=51958 N)



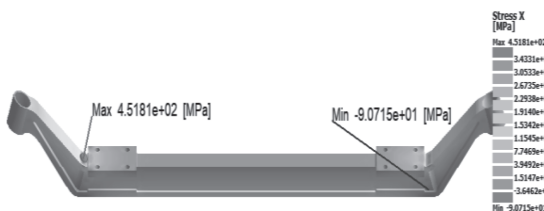
Hình 8: Trường hợp ô tô quá tải 50% trên đường xấu (Fz1= Fz2=112324 N)

Trường hợp ô tô đầy tải quay vòng và di chuyển trên đường xấu kết quả cho thấy ứng suất có tăng hơn so với trường hợp ô tô đầy tải. Tuy nhiên ứng suất tối đa vẫn nằm trong ứng suất giới hạn của vật liệu ($\sigma = 429\text{Mpa} < [\sigma] = 460\text{Mpa}$).

2.3.2 Tính toán độ bền ô tô quá tải 75%



Hình 9: Trường hợp ô tô quá tải 75% quay vòng
($Fy1=60131\text{N}$; $Fy2=51775\text{N}$; $Fz1=66813\text{N}$;
 $Fz2=57528\text{N}$)



Hình 10: Trường hợp ô tô quá tải 75% trên đường xấu
($Fz1=Fz2=124340\text{N}$)

Trường hợp ô tô quá tải 75% trên đường xấu có ứng suất cực đại $\sigma = 451\text{Mpa}$ có giá trị gần bằng ứng suất cắt cho phép của vật liệu $[\sigma] = 460\text{Mpa}$. Do đó khi người lái chờ quá tải từ 75% cần hạn chế di chuyển trên đường gồ ghề do tải trọng tác dụng từ mặt đường lên dầm cầu rất lớn, nhằm tránh các hư hỏng có thể xảy ra.

3. KẾT LUẬN

Các giá trị tải trọng được xác định ứng với các trường hợp trên được sử dụng làm thông số đầu vào cho bài toán tính bền dầm cầu trước ô tô tải ba cầu, các giá trị trên được đưa vào mô hình 3D của phần mềm Altair Simsolid với các điều kiện biên phù hợp. Phương pháp tính toán trên cho phép đánh giá độ bền tương ứng với các trường hợp xấu nhất có thể xảy ra. Kết quả tính toán từ phần mềm cho thấy ứng suất kéo giới hạn $[\sigma]$ giới hạn của vật liệu là 460Mpa [6] so sánh với kết quả tính toán ứng suất lớn nhất 451Mpa thì các trường hợp trên dầm cầu đủ điều kiện bền. Tuy nhiên ở trường hợp ô tô quá tải 75% di chuyển trên đường xấu thì ứng suất trong trường hợp này là 451Mpa gần với ứng suất giới hạn của vật liệu. Do đó người lái cần hạn chế lưu thông trong điều kiện này để giảm khả năng gây hư hỏng và tai nạn giao thông. Đây chỉ là các trường hợp dầm cầu chịu tải trọng tĩnh lớn nhất, trong quá trình làm việc thì dầm cầu chịu tải trọng phức tạp, đặc biệt là tải trọng động gây mỏi. Do đó cần có nghiên cứu xác định tải trọng động tác dụng lên dầm cầu ở các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cao Hùng Phi, Vũ Đức Lập, Nguyễn Thái Vân, (2019), *Kết cấu và tính toán ô tô*, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [2] Vũ Đức Lập, Cao Hùng Phi, Nguyễn Thái Vân, (2018), *Cấu tạo ô tô*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [3] Lương Văn Vạn, Nguyễn Thanh Tùng, (2023), *Giáo trình Động lực học ô tô*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.

- [4]. Phan Chương Anh Khôi (2022), *Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng hệ thống treo đến tải trọng động của xe tải ba cầu*. Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long.
- [5] Hồ Hữu Chấn (2014), *Giáo trình lý thuyết ô tô*, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long.
- [6] Aparajita Priyadarsini Ray, Dr. R. R. Arakerimath, *Design Analysis and Shape Optimization of Front Axle of Automotive Truck*, International Engineering Research Journal (IERJ) Special Issue 2 Page 5927-5931, 2015, ISSN 2395-1621.