

MÔ PHỎNG PHẦN TỬ HỮU HẠN MÔ HÌNH HÔNG NGƯỜI ĐI BỘ DÙNG TRONG KIỂM ĐỊNH AN TOÀN Ô TÔ

Ngô Văn Lực¹

Tóm tắt: Kiểm định an toàn đối với người đi bộ khi xảy ra va chạm là yêu cầu bắt buộc đối với tất cả các xe ô tô con được bán trên thị trường Liên minh Châu Âu. Ủy ban an toàn Châu Âu (EEVC) kiểm định an toàn của ô tô với người đi bộ bằng cách cho ô tô va chạm với các mô hình phỏng theo các bộ phận cơ thể người đi bộ bao gồm mô hình đầu, mô hình hông và mô hình chân. Đó là ba bộ phận thường bị chấn thương nặng khi người đi bộ va chạm với ô tô. Các mô hình này được thiết kế sao cho khi va chạm có các đặc tính động lực học giống với những bộ phận tương ứng của cơ thể người. Va chạm với mô hình hông người đi bộ là một trong những bài bắt buộc phải thực hiện trong quá trình kiểm định. Hiện nay, nhiều dòng xe ô tô được nghiên cứu phát triển phương án bảo vệ an toàn cho người đi bộ khi xảy ra va chạm. Trong quá trình nghiên cứu, rất nhiều va chạm sẽ phải thực hiện để kiểm tra đánh giá kết quả, việc này sẽ tốn rất nhiều kinh phí và thời gian. Trong nghiên cứu này, mô hình hông người đi bộ được EEVC sử dụng trong kiểm định an toàn của ô tô đối với người đi bộ sẽ được mô hình hoá thành mô hình phần tử hữu hạn (mô hình FE). Mô hình này cùng với mô hình FE của các mẫu xe ô tô, các thí nghiệm va chạm giữa hông người đi bộ và xe ô tô sẽ được thực hiện mô phỏng bằng máy tính. Việc này sẽ giúp cho các nghiên cứu phát triển đảm bảo độ an toàn của ô tô đối với người đi bộ tiết kiệm về thời gian và chi phí.

Từ khóa: EEVC, Mô hình hông người đi bộ, va chạm, người đi bộ, kiểm định an toàn.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo số liệu thống kê được công bố mới nhất năm 2018, số người đi bộ bị chết trong các tai nạn va chạm với ô tô ở Mỹ (NHTSA, 2018) và Châu Âu (European Commission, 2018) trong năm 2017 lần lượt là 5.977 và 5.320 người. Theo quy định hiện nay (European Parliament, 2003), tất cả các dòng ô tô con bán trên thị trường Liên minh Châu Âu đều phải qua kiểm định an toàn đối với người đi bộ khi xảy ra va chạm. Do vậy, các hãng xe ô tô khi phát triển những dòng xe mới đều có nghiên cứu phát triển giải pháp đảm bảo an toàn cho người đi bộ khi xảy ra va chạm. Theo quy trình nghiên cứu truyền thống, trước khi xe được sản xuất hàng loạt cần phải sản xuất mẫu để thực hiện các thử nghiệm, nếu không đạt thì phải điều chỉnh lại thiết kế đến khi đạt mới cho sản xuất hàng loạt. Thông thường phải sau một số lần thử nghiệm mới có thể đạt được kết quả

kiểm định và do đó sẽ tốn nhiều về kinh phí và thời gian. Với sự hỗ trợ của máy tính, ngày nay nhiều thử nghiệm được mô phỏng và phân tích bằng máy tính. Do đó, quy trình phát triển sản phẩm sẽ là thiết kế, mô phỏng và phân tích các thử nghiệm bằng máy tính, nếu đạt sẽ cho sản xuất mẫu và thử nghiệm với mô hình thật. Do có sự mô phỏng và phân tích bằng máy tính nên khi thử nghiệm với mô hình thực thường sẽ có xác suất thành công cao, giúp tiết kiệm về thời gian và kinh phí nghiên cứu.

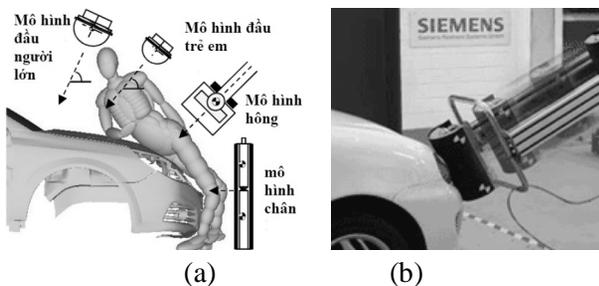
Thử nghiệm an toàn khi xảy ra va chạm với người đi bộ của ô tô được EEVC (EEVC, 1998) thực hiện với ba mô hình tương ứng với ba phần cơ thể người là mô hình đầu, mô hình hông và mô hình chân. Trong giới hạn nghiên cứu này mô hình hông người đi bộ sẽ được xây dựng mô hình FE. Mô hình này sẽ được sử dụng để mô phỏng thử nghiệm va chạm giữa ô tô và hông người đi bộ, giúp giảm chi phí và thời gian trong nghiên cứu phát triển xe ô tô. Phần mềm Solidworks và HyperMesh được sử dụng để xây dựng mô hình và phần mềm LS-DYNA được sử dụng để mô phỏng kiểm nghiệm động lực học của mô hình FE.

¹ Khoa Cơ khí-Cơ điện tử, Trường Đại học Phenikaa, Đường Tố Hữu, Phường Yên Nghĩa, Quận Hà Đông, Thành phố Hà Nội.

2. MÔ HÌNH VÀ QUY TRÌNH KIỂM ĐỊNH Ô TÔ CỦA EEVC

2.1. Quy trình va chạm trong kiểm định

Hình 1(a) mô tả các bài kiểm định an toàn của ô tô đối với người đi bộ và Hình 1(b) thể hiện quá trình kiểm định an toàn với hông người đi bộ. Mô hình hông được dùng để kiểm định sự an toàn của cạnh trước nắp ca-bô ô tô đối với người đi bộ. Tùy mỗi loại xe sẽ có góc và vận tốc va chạm khác nhau, phụ thuộc nhiều vào chiều cao cạnh trước nắp ca-bô của xe. Có 3 vị trí ở cạnh trước nắp ca-bô được cho là nguy hiểm nhất sẽ được chọn để thử nghiệm (EEVC, 1998). Nếu lực va chạm không vượt quá giới hạn 10kN và mô-men uốn đo được không vượt quá giới hạn 1000Nm thì ô tô được coi là an toàn đối với hông người đi bộ khi xảy ra va chạm.



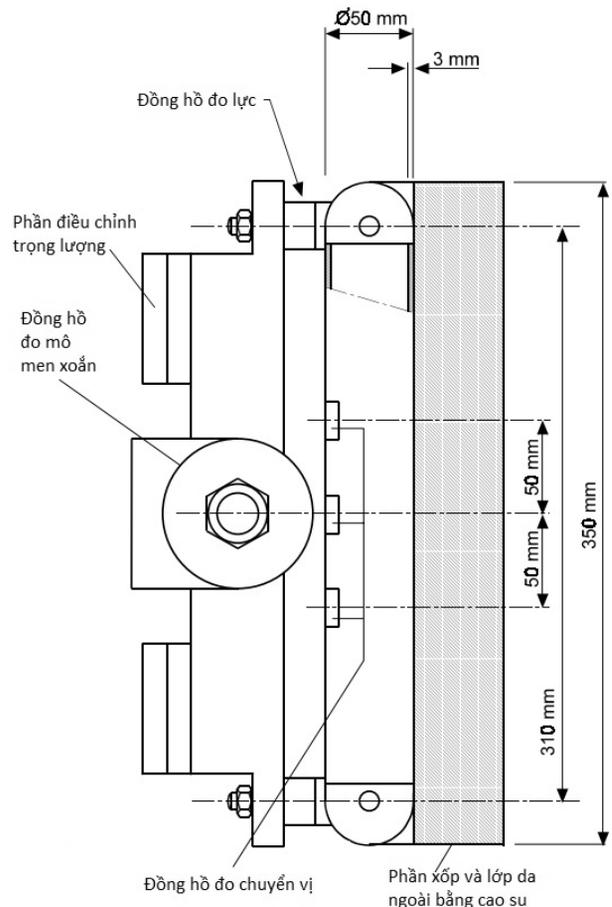
Hình 1. Kiểm định an toàn của ô tô với người đi bộ

2.2. Cấu tạo của mô hình hông dùng trong kiểm định

Tất nhiên không thể sử dụng hông người thực để kiểm định an toàn của ô tô trong các va chạm được. Trong kiểm định an toàn đối với hông người đi bộ EEVC sử dụng mô hình hông như Hình 2. Mô hình có các bộ phận chính và kích thước như Hình 2. Xương đùi được thay thế bằng một ống thép có khối lượng là $1,95 \pm 0,05$ Kg, phần cuối được liên kết với các bộ phận khác thông qua hai đồng hồ đo lực. Đồng hồ đo lực được dùng để đo lực dọc trục của xương trong quá trình va chạm. Phần thịt quanh xương đùi được cấu tạo bằng vật liệu xốp (CF-45) có chiều dày 25 mm. Phần da ngoài cùng là một lớp cao su có chiều dày 1,5 mm, tổng khối lượng của phần thịt và da là $0,6 \pm 0,1$ Kg. Khối lượng toàn bộ mô hình là $9,5 \pm 0,1$ Kg.

Có ba đồng hồ đo chuyển vị tại các vị trí không va chạm trên bề mặt đối xứng dọc để đo qua các

biến dạng trong quá trình va chạm. Một cái đặt tại vị trí trung tâm và hai cái còn lại đặt ở hai bên có khoảng cách 50 ± 1 mm như mô tả trên hình vẽ. Khi va chạm với các vận tốc khác nhau khối lượng của mô hình sẽ được điều chỉnh tương ứng để đảm bảo động lực học của mô hình đúng như thực tế va chạm với người.

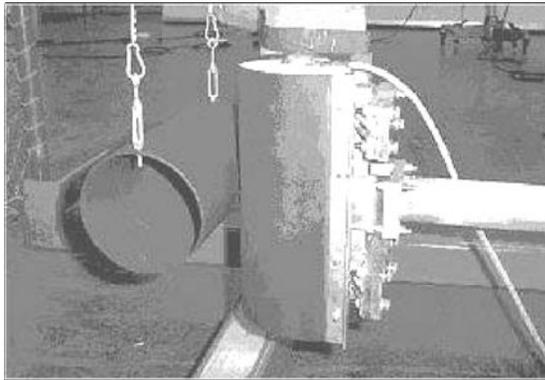


Hình 2. Cấu tạo mô hình hông của EEVC

2.3. Kiểm nghiệm mô hình kiểm định

Để có thể được sử dụng làm mô hình kiểm định, sau khi chế tạo xong mô hình hông cần phải được kiểm nghiệm. Sơ đồ kiểm nghiệm được mô tả như Hình 3. Mô hình có khối lượng là $12 \pm 0,1$ Kg, vận tốc ban đầu là $7 \pm 0,1$ m/s được cho va chạm với một con lắc bằng ống thép có trọng lượng 3 Kg treo trên sợi dây dài tối thiểu 2m. Với va chạm này nếu lực dọc trục do đồng hồ đo lực gắn tại hai đầu của mô hình ống xương đùi có giá nằm trong khoảng (1,20-1,55) KN. Đồng thời mô-men uốn lớn nhất nằm trong khoảng (190-250) Nm khi đo ở trung tâm mô hình, khi đo ở bên cạnh mô hình là (160-220) Nm thì

mô hình đủ điều kiện để kiểm định an toàn của ô tô đối với người đi bộ.

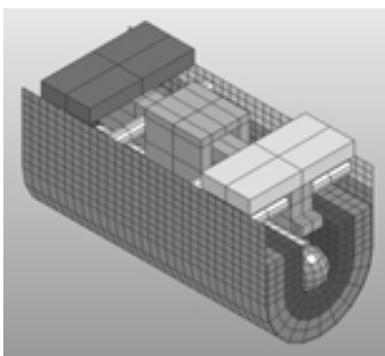


Hình 3. Kiểm nghiệm mô hình hông (Remigio Carmando, et al 2004)

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Xây dựng mô hình FE

Mô hình FE của mô hình hông người đi bộ được thể hiện trên Hình 4, kích thước mô hình FE được tuân thủ chính xác yêu cầu với mô hình sử dụng trong kiểm định. Phần da được thể hiện bằng các phần tử dạng vỏ, tấm (shell), các phần còn lại được thể hiện bằng phần tử khối (solid). Số phần tử được chia càng nhỏ thì kết quả càng chính xác nhưng thời gian tính toán càng nhiều. Trên cơ sở đánh giá kết quả sẽ chia lại số phần tử để đảm bảo không những kết quả chính xác mà thời gian tính toán đảm bảo nhỏ nhất có thể. Phần da được gán vật liệu cao su, theo thư viện của phần mềm đó là vật liệu có mã hiệu MAT_VISCOELASTIC. Phần thịt được gán vật liệu dạng xốp, theo thư viện của phần mềm đó là vật liệu có mã hiệu MAT_LOW_DENSITY_FOAM. Các vật liệu còn lại được làm bằng thép, có mã hiệu: MAT_ELASTIC.

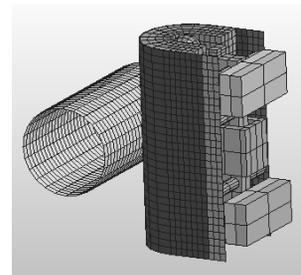


Hình 4. Mô hình FE

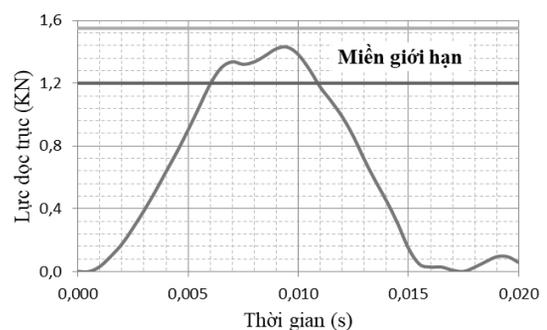
Tổng khối lượng của cả mô hình FE là 9,6 Kg, phù hợp với yêu cầu khối lượng của toàn bộ mô hình là $9,5 \pm 0,1$ Kg. Xương đùi khối lượng là 1,96Kg, khối lượng của phần da và thịt là 0,65Kg. Phần xương đùi được liên kết với phần khác bằng phần tử thanh. Lực dọc tác dụng dọc xương sẽ được xác định thông qua các lực tác dụng lên phần tử thanh. Các vị trí tương ứng với vị trí đặt đồng hồ đo chuyển vị sẽ được định nghĩa một Node để lấy dữ liệu. Từ dữ liệu của các Node và phần tử thanh sẽ xác định được động số động lực học mong muốn.

3.2. Mô phỏng kiểm nghiệm thông số động lực học của mô hình FE

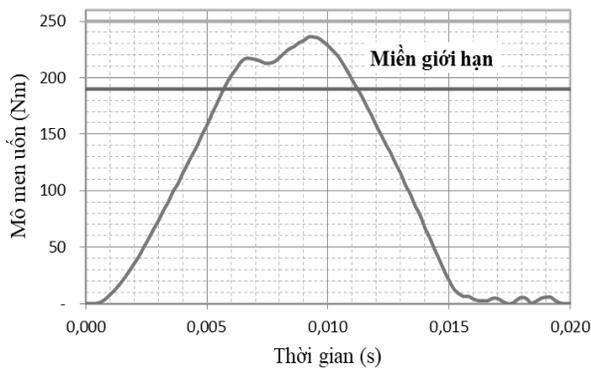
Hình 5 mô tả sơ đồ mô phỏng va chạm của mô hình FE với mô hình ống thép. Mô hình ống thép có khối lượng 3 Kg. Mô hình hông được cho thêm hai phần khối lượng đảm bảo khối lượng tổng của mô hình là 12 Kg. Vận tốc va chạm là 7 m/s. Quá trình mô phỏng va chạm được thực hiện bằng phần mềm LS-DYNA. Mô phỏng cho kết quả lực dọc trục, mô-men uốn tại trung tâm, mô-men uốn đo được ở bên cạnh như thể hiện trên các Hình 6, 7 và 8. Giá trị lớn nhất của lực dọc trục tác dụng lên xương đùi là 1,43kN. Mô-men lớn nhất khi đo ở tâm và bên cạnh lần lượt là 236 Nm và 196 Nm. Các giá trị này đều nằm trong miền giới hạn cho phép.



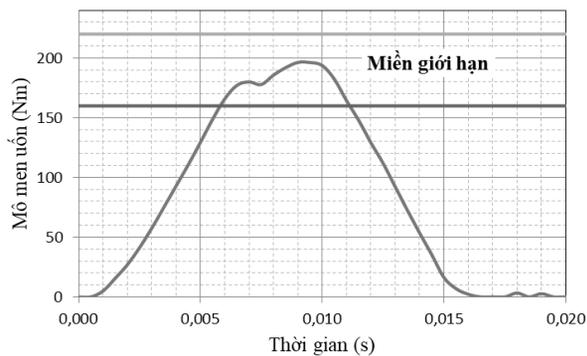
Hình 5. Kiểm nghiệm mô hình FE



Hình 6. Lực dọc trục tác dụng lên xương đùi khi kiểm nghiệm mô hình FE



Hình 7. Mô-men tác dụng lên xương đùi đo ở tâm khi kiểm nghiệm mô hình FE



Hình 8. Mô-men tác dụng lên xương đùi đo ở cạnh khi kiểm nghiệm mô hình FE

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình FE được xây dựng trên cơ sở bám sát yêu cầu đối với mô hình thực sử dụng trong kiểm định cả về thông số kích thước và thông số vật liệu. Kiểm nghiệm mô hình FE cũng tuân thủ đúng với yêu cầu của EEVC đối với mô hình sử dụng trong kiểm định. Với lợi thế là mô hình FE nên những yêu cầu đối với mô hình thử nghiệm đều được đáp ứng chính xác trong quá trình xây dựng.

Kết quả kiểm nghiệm mô hình FE bằng mô phỏng trên máy tính thể hiện trên các biểu đồ cho thấy, giá trị lực lớn nhất tác dụng dọc xương đùi là 1,43kN, giá trị này nằm trong miền giới hạn theo quy định là (1,20-1,55) KN. Giá trị mô-men lớn nhất đo được tại vị trí trung tâm mô hình là 236Nm, giá trị này nằm trong miền giới hạn yêu cầu là (190-250)Nm. Giá trị mô-men đo được ở

phía rìa là 196Nm, giá trị này nằm trong miền giới hạn yêu cầu là (160-220)Nm. Như vậy, có thể thấy rằng giá trị kiểm nghiệm mô hình FE hoàn toàn phù hợp với yêu cầu. Do đó, mô hình hoàn toàn có thể sử dụng được trong mô phỏng va chạm giữa hông người đi bộ và ô tô bằng máy tính khi nghiên cứu về an toàn của ô tô với người đi bộ.

Mọi thông số của mô hình hông người đi bộ đã được EEVC quy định rất rõ ràng, các loại vật liệu cũng là những loại phổ biến, thông dụng và có sẵn trong thư viện vật liệu của phần mềm LS-DYNA. Do đó, kết quả mô phỏng kiểm nghiệm mô hình FE phụ thuộc chủ yếu vào một yếu tố đó là việc chia lưới. Kết quả kiểm định phù hợp chứng tỏ việc chia lưới cho mô hình là hợp lý. Tuy nhiên để mô hình này có thể cho kết quả mô phỏng chính xác khi sử dụng để mô phỏng va chạm với ô tô trong việc nghiên cứu phát triển thì cần thiết phải xây dựng mô hình ô tô đảm bảo trong quá trình va chạm cũng cho các thông số về động lực học giống với va chạm thực. Số phần tử của mô hình ô tô cũng cần được chia hợp lý để không những đảm bảo kết quả quá trình mô phỏng chính xác mà còn đảm bảo thời gian tính toán là ngắn nhất, giảm thiểu thời gian chạy chương trình.

5. KẾT LUẬN

Mô hình FE đã đáp ứng được tất cả các yêu cầu về động lực học theo tiêu chuẩn của EEVC, như vậy mô hình hoàn toàn có thể được sử dụng trong các nghiên cứu về an toàn ô tô đối với người đi bộ khi xảy ra va chạm. Sử dụng mô hình FE này trong nghiên cứu an toàn sẽ giúp tiết kiệm về thời gian và kinh phí. Để có thể sử dụng hiệu quả, bước nghiên cứu có thể không cần thực hiện các thực nghiệm thử nghiệm với mô hình thực mà bằng mô phỏng. Sau khi có kết quả nghiên cứu sẽ làm một mô hình thực và thử nghiệm với mô hình thực để kiểm nghiệm lại kết quả. Những nghiên cứu tiếp theo cần thiết xây dựng một mô hình FE ô tô đảm bảo những yếu tố về kết cấu và động học như xảy ra trong các va chạm thật. Kết hợp giữa mô hình ô tô và mô hình đầu người sẽ có thể thực hiện nhiều nghiên cứu về khác nhau về an toàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- HWA/NHTSA National Crash Analysis Center. The G. Washington University (2018) www.ncac.gwu.edu/vml/models.html
- Traffic safety basic facts (2018) https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/bfs20xx_pedestrians.pdf
- Directive 2003/102/EC of the European Parliament and of the Council, Nov 17th, 2003.
- EEVC/WG 17 Report. (1998, updated 2002). *Improved Test Methods to Evaluate Pedestrian Protection Afforded by Passenger Cars*, European Enhanced Vehicle-safety Committee.
- Remigio Carmando, Alessandro Naddeo and Nicola Cappetti (2004) *Upper Leg impactor modelling for Pedestrian Test simulation using F.E.M. explicit codes*, 8th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, At Orlando, FL (USA), Volume: IX.

Abstract:

FINITE ELEMENT MODELLING OF PEDESTRIAL UPPER LEGFORM IMPACTOR USED IN AUTOMOTIVE SAFETY TESTING

Pedestrian safety testing when a collision occurs is a mandatory requirement for all cars sold in the European Union. European Enhanced Vehicle-Safety Committee (EEVC) tests the safety of cars by impact to models that simulate pedestrian body parts including headform impactor, upper legform impactor and legform impactor. These three parts are often injured when pedestrians impact to cars. These models are designed so that dynamic properties of impactors similar to impact to the corresponding parts of the human body in car collisions. Collision with the upper legform impactor is one of the mandatory requirement testing. Currently, many cars are developed to protect pedestrians in collisions. Developing process need to perform many tests of upper legform impactor to car collisions, these tests cost a lot of time and money. In this study, the upper legform impactor which is used by EEVC in pedestrian safety testing will be finite element modelling. This model and finite element modelling of cars will be used to perform the the collision by computer. This will help to save much time and money in process of development cars.

Keywords: EEVC, Pedestrian Impactor model, pedestrian, pedestrian safety testing.

Ngày nhận bài: 10/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 22/8/2019