한국공작기계학회지 Vol.18 No.5 2009. 10. pp. 477~482
Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers

차체의 충돌에 관한 시뮬레이션 해석

조재웅*, 민병상+, 한문식++

(논문접수일 2009. 4. 23, 심사완료일 2009. 8. 10)

Simulation Analysis on Impact of Automotive Body

Jae-Ung Cho*, Byoung-Sang Min+, Moon-Sik Han++

Abstract

This study analyzes the result with dynamic simulation about deformation according to time when a car impacts bollard. These results are shown as followings. The maximum deformation is shown at the lower part of front grass in case of the impact of front or passenger seat but this deformation is shown at the lower part of rear bumper in case of double impact. The maximum equivalent stress is shown at the upper part by the side grass of driver seat at the elapsed time of 0.00075 second after impact in case of the impact of front or passenger seat but this deformation is shown at the front bonnet at the elapsed time of 0.004 second after the additional impact in case of double impact. The maximum total deformation or equivalent stress is shown nearly same in case of the impact of front or passenger seat. But the value of this deformation or euivalent stress in case of the impact of front or passenger seat is shown with 2 times or more than 17% respectively as this value in case of double impact.

Key Words : front impact(정면충돌), passenger seat impact(조수석측 충돌), double impact(이중충돌), total deformation(전변형량), equivalent stress(등가응력)

1. 서 론

최근 차량들이 급격히 증가함에 따라 그 사고를 예방 할 수 있는 안정성에 대하여 관심이 고조되고 있다. 특히 자동차의 안정성은 설계와 충돌테스트 과정을 가장 중요하게 생각한다. 그러므로 자동차의 최적완충설계와 충돌문제에 있어 정확한 해석은 차체안정성의 관점에서 매우 중요하며 특히 순간적으로 집중되는 충돌하중은 차체 변형으로 인한 사고의 직접적인 원인이 된다. 또한 실제적인 충돌 상황에서 차체의 강도가 달라져 그 형상과 변형이 변하므로 여러 가지

* 공주대학교 기계자동차공학부
+ 공주대학교 대학원 기계자동차공학부
++ 교신저자, 계명대학교 기계자동차공학부 (sheffhan@kmu.ac.kr)
주소: 704-701 대구광역시 달서구 달구벌대로 2800

의 설계 조건을 구하는 것이 필요하다. 그러나 차체의 안정성을 테스트하기 위해 매일 신제품이 나올 때마다 자동차를 충돌 시험을 하면 실제 자동차가 망가지게 되어 매번 다시 제작하여야 하는 낭비가 초래된다[1~4]. 따라서 컴퓨터를 활용한 가상 충돌테스트를 수행하여 시간과 비용을 줄이고 있다. 또한 자동차부품을 컴퓨터 시뮬레이션으로 수행함으로써 충돌환경을 다양하게 구성하고, 이를 통한 차체의 안정성과 내구성을 검증할 수 있다[5~7]. 본 연구에서는 자동차가 인도위에 있는 볼라드(Bollard) 구조물과 충돌하였을 때와 뒷차와의 이중충돌로 인한 앞 자동차의 차체에 대한 파괴 응력 해석을 하였다. 그리고 본 연구에서의 차체의 모델링은 CATIA를 이용하여 설계하였으며, ANSYS[8]를 이용하여 동적충돌해석을 하였다.

2. 모델 및 해석

2.1 연구 모델

본 연구는 자동차가 볼라드에 충돌에 관한 동적해석으로서 모델의 형상은 Fig. 1과 같다. 전장이 3,080mm, 전폭이 1,500mm, 높이가 1,200mm인 자동차와 지름이 600mm, 높이가 1,000mm인 블라드 및 후방에서 충돌하는 자동차로 구성되어있다. Fig. 2와 같이 본 연구 모델의 절점의 수와 요소의 수는 각각 44,181개와 20,725개로 되어 있다. 시뮬레이션 해석 결과에 대한 검증은 수렴 기능을 사용하였다. 미리 정의한 정확도의 해를 얻기 위해 현재의 유한 요소 해석 결과를 이용하여 오차 평가를 수행하였고, 오차의 한계는 5%이내에 들어갔다. 오차가 큰 영역을 찾아내어 그 영역의 요소 수를 증가시켜 다음 해석을 수행하는 과정을 반복함으로써 최적의 Mesh를 구성하여 해석의 정확도를 높여 가는 방법을 사용하였다.

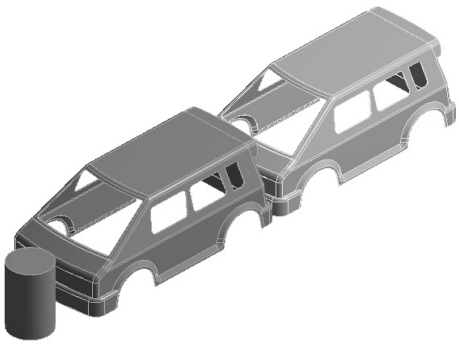

Fig. 1 Configuration of Model

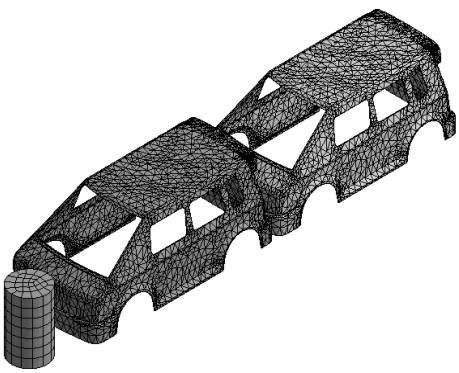

Fig. 2 Mesh of Model

2.2 구속 조건

자동차의 재료는 구조용 강으로 되어 있으며, 볼라드의 재료는 콘크리트로 하였고 이들의 물성치는 Table 1과 같다. 무게가 710Kg인 자동차가 20m/s의 속도로 달리다가 인도에 있는 콘크리트 볼라드에 충돌하거나 뒷 차와의 이중 충돌의 경우도 가정을 하여 동적으로 해석하였다.

(1) 볼라드와의 정면충돌

볼라드와의 정면충돌을 구속조건은 Fig. 3과 같이 볼라드의 외측면과 자동차의 앞면에 Frictional 설정을 하였다. 충돌 시에 극심한 조건을 가정하여 마찰계수를 최대치인 0.5로 하였고, 볼라드를 Fixed Ground로 고정시켰다. 또한 자동차를 Translational Joint로 구속조건을 주어 자동차가 앞

Table 1 Material Property

Properties	Structural Steel	Concrete
Young's Modulus	200,000MPa	30,000MPa
Poisson's Ratio	0.3	0.18
Density	7,850Kg/m^3	2,300Kg/m^3
Tonsile Yield Strength	250MPa	0MPa
Compressive Yield Strength	250MPa	0MPa
Tensile Ultimate Strength	460MPa	5MPa
Compressive Ultimate Strength	0MPa	41MPa

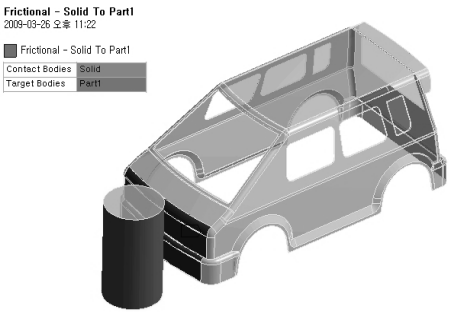

Fig. 3 Constraint Condition of Bollard & Car in Case of Front Impact

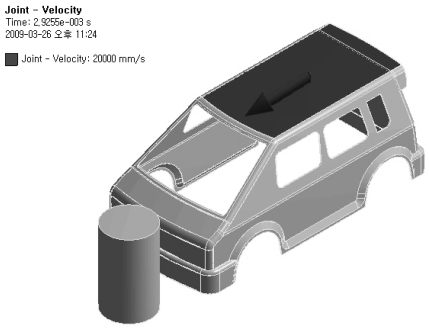

Fig. 4 Constraint Condition of Translational Car Velocity in Case of Front Impact

으로 직진하도록 하였으며, 그 속도는 Fig. 4와 같이 20m/s로 하였다.

(2) 조수석측 충돌

볼라드와 조수석측 충돌로서 구속조건은 Fig. 5와 같이 볼라드와 자동차에 Frictional 설정을 하였고 충돌 시에 극심한 조건을 가정하여 마찰계수를 최대치인 0.5로 하였다. Fig. 6과 같이 볼라드는 Fixed로 고정 시키고, 자동차를 Translational Joint로 구속조건을 주어 자동차가 직진하도록 하였으며, 그 속도는 Fig. 6과 같이 20m/s로 하였다.

(3) 이중 충돌

볼라드와의 이중 충돌은 정면 충돌 후 뒷 차가 추가로 충돌하도록 하였으며, Fig. 7과 같이 각각 볼라드의 외측면과 자동차의 앞면, 자동차의 뒷면과 후방자동차의 앞면에 Frictional 설정을 하였다. 충돌 시에 극심한 조건을 가정하여 마찰계수를 최대치인 0.5로 하였으며, Fig. 8과 같이 블라드에 Fixed

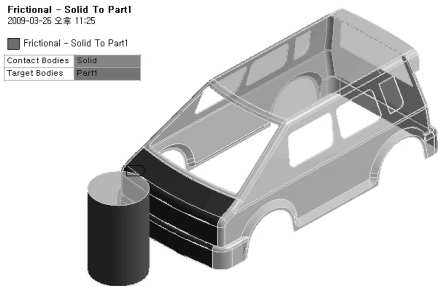

Fig. 5 Constraint Condition of Bollard & Car in Case of Passenger Seat Impact

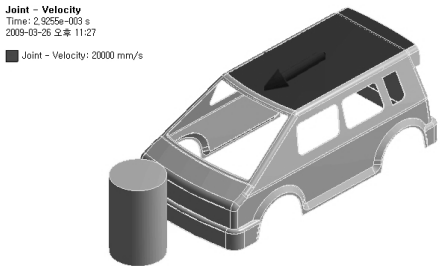

Fig. 6 Constraint Condition of Translational Car Velocity in Case of Passenger Seat Impact

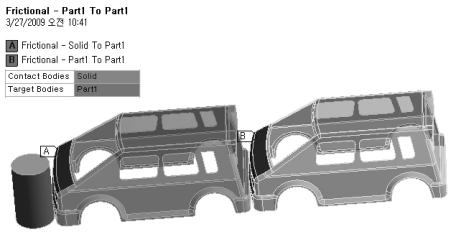

Fig. 7 Constraint Condition of Bollard & Cars in Case of Double Impact

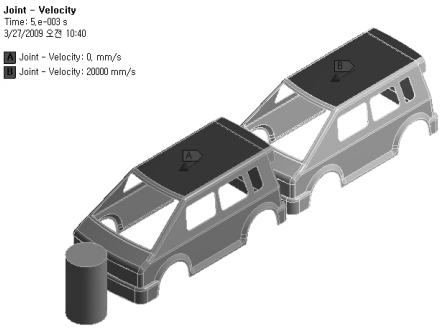

Fig. 8 Constraint Condition of Translational Car Velocity in Case of Double Impact

로 고정시켰다. 자동차는 20m/s로 충돌 직후 0.003초 동안 직진시키고 후방의 자동차를 20m/s로 추가로 충돌 직후, 0.003 초부터 0.005초까지 진행시켰다.

2.3 해석 결과

Fig. 9는 정면충돌에 대한 충돌 직후인 경과 시간에 따른

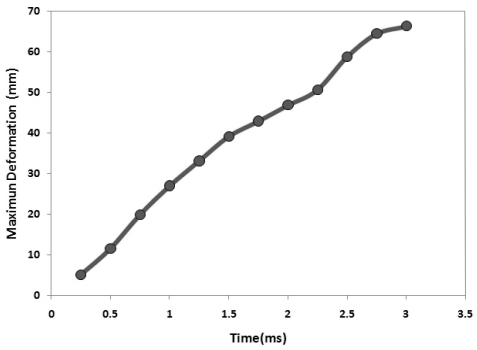

Fig. 9 Total Deformation at Car According to Time in Case of Front Impact

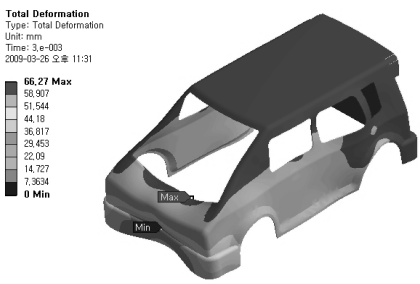

Fig. 10 Contour of Total Deformation at Car in Case of Front Impact (Elapsed Time of 0.003sec)

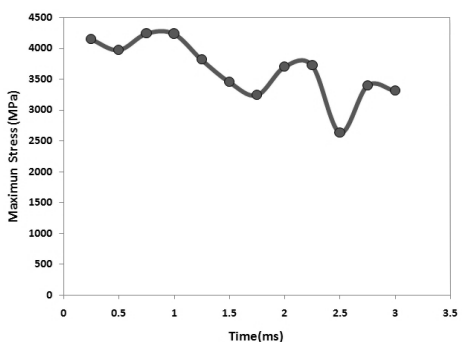

Fig. 11 Equivalent Stress at Car According to Time in Case of Front Impact

최대 변형량의 그림이다. 충돌 직후인 0.003초의 경과시간에서 Fig. 10과 같이 최대 변형량이 자동차 앞유리의 밑부분에서 66.27mm으로 가장 크게 나타났다. Fig. 11은 정면충돌에 대한 충돌 직후인 경과 시간에 따른 최대등가응력의 그림이며, 이 그래프의 곡선은 충돌 직후인 0.001초의 경과시간까지 올라가다가 내려감을 보였으며 0.00175초에서 다시 올라갔다가, 0.00225초에서 다시 내려간 후 올라감을 보였다. 0.00075초의 경과 시간에서 Fig. 12와 같이 최대 등가응력이 운전석 옆쪽유리 윗부분에 4,238.5MPa로 가장 크게 나왔다.

Fig. 13은 조수석충돌에 대한 충돌 직후인 경과 시간에 따른 최대변형량의 그림이며, 이 그림의 곡선은 정면충돌의 경우인 Fig. 9와 비슷한 양상을 나타내고 있다. 충돌 직후인 0.003초의 경과시간에서 Fig. 14과 같이 최대 변형량이 자동차 앞유리의 밑부분에서 68.419mm으로 가장 크게 나타

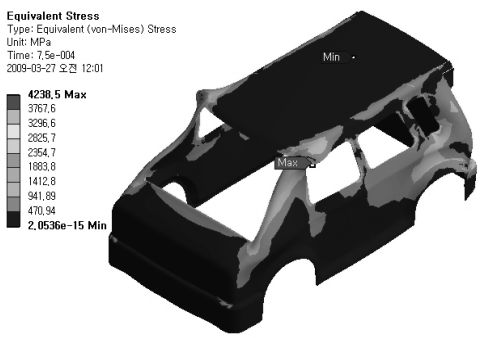

Fig. 12 Contour of Equivalent Stress at Car in Case of Front Impact (Elapsed Time of 0.00075sec)

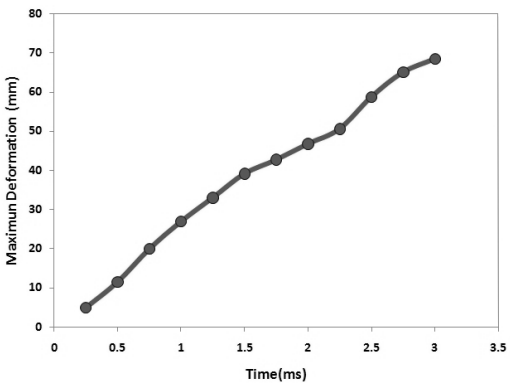

Fig. 13 Total Deformation at Car According to Time in Case of Passenger Seat Impact

났다. Fig. 15는 조수석충돌에 대한 충돌 직후인 경과 시간에 따른 최대등가응력의 그림이며, 그래프의 곡선은 정면충돌의 경우인 Fig. 11과 비슷한 양상을 나타내고 있다. 0.00075초의 경과 시간에서 Fig. 16과 같이 최대 등가응력이 운전석 옆쪽의 유리 윗부분에서 4,248.9MPa로 가장 크게 나왔다.

Fig. 17은 이중충돌에 대한 충돌 직후인 경과 시간에 따른 최대변형량의 그림이며, 정면충돌의 경우인 Fig. 9와 비슷한 경향을 나타냈으나 0.00375초부터 급상승하는 것을 보였다. 0.005초의 경과시간에서 Fig. 18과 같이 뒷 범버의 밑 부분에서 최대 변형량이 127.72mm로 가장 크게 나타났다. Fig. 19는 이중충돌에 대한 충돌 직후인 경과 시간에 따른 최대 등가응력의 그림이며, 이 그림의 곡선은 정면충돌의 경우인 Fig. 11과 비슷한 경향을 보였으나, 0.0035초부터 0.004초까지 올라가다가 0.00425초에서 다시 내려 가는 경향을 보였다. 0.004초의 경과 시간에서 Fig. 20과 같이 보닛의 앞부분에 최대 등가 응력이 4976.8MPa로 가장 크게 나타났다.

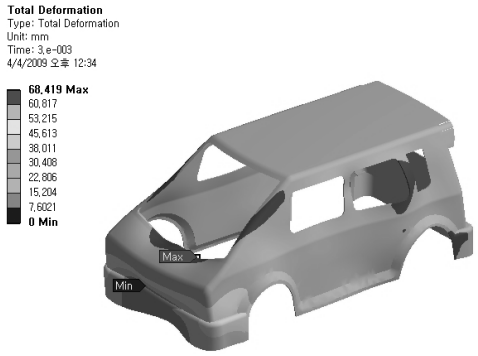

Fig. 14 Contour of Total Deformation at Car in Case of Passenger Seat Impact (Elapsed Time of 0.003sec)

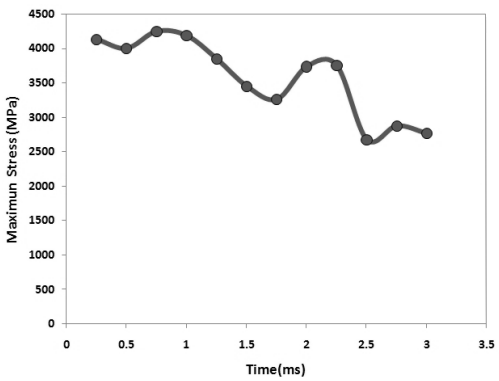

Fig. 15 Equivalent Stress at Car According to Time in Case of Passenger Seat Impact

Fig. 16 Contour of Equivalent Stress at Car in Case of Passenger Seat Impact (Elapsed Time of 0.00075sec)

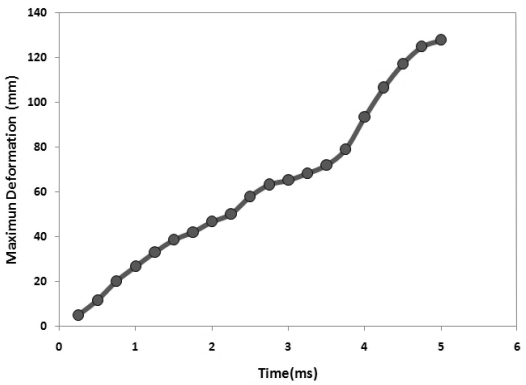

Fig. 17 Total Deformation at Car According to Time in Case of Double Impact

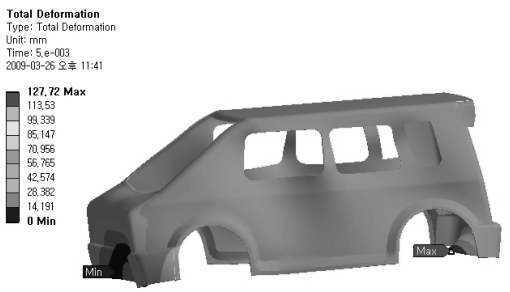

Fig. 18 Contour of Total Deformation at Car in Case of Double Impact (Elapsed Time of 0.005sec)

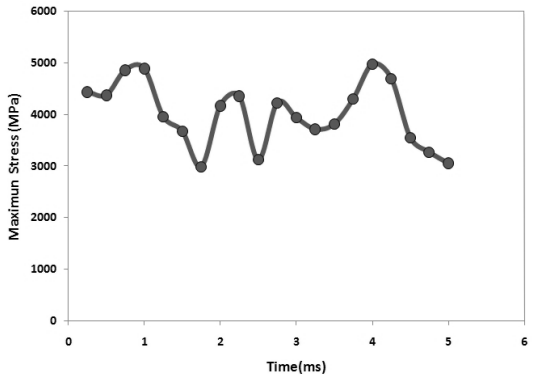

Fig. 19 Equivalent Stress at Car According to Time in Case of Double Impact

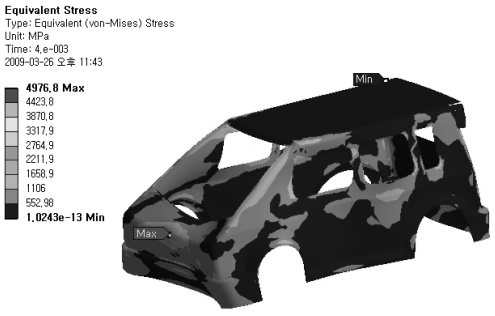

Fig. 20 Contour of Equivalent Stress at Car in Case of Double Impact (Elapsed time of 0.004sec)

3. 결 론

본 연구에서는 자동차가 볼라드에 충돌했을 때 동적시뮬레이션을 수행하여 다음과 같이 시간에 따른 자동차의 변형에 대한 해석결과를 보았다.

(1) 정면충돌과 조수석충돌은 자동차 앞유리의 밑부분에서 최대 변형량이 나타난 반면에 이중충돌에서는 뒷 범버의 밑 부분에서 가장 높게 나타났다.

(2) 정면충돌과 조수석충돌의 경우 충돌 직후, 0.00075초에서 운전석 옆쪽 유리의 윗부분에서 제일 등가 응력이 높게 나타났으며, 반면에 이중 충돌의 경우는 추가 충돌 직후인 0.004초에 보닛의 앞부분에서 최대의 등가응력이 가장 높게 나타났다.

(3) 정면충돌과 조수석 충돌의 경우에 있어서는 최대전변형량이나 최대등가응력은 거의 같게 나타났다. 그러나 이중 충돌의 경우에서는 이 2가지의 충돌보다 최대변형량은 2배정도 차이가 났으며 이 응력은 약 17%이상 크게 나타났다.

참 고 문 헌

(1) Cho, J. U. and Han, M. S., 2007, “Study on the Dynamic Fracture of Rod Impacting on Plate at High Speed,” *Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 16, No. 4, pp. 108~112.

(2) Cho, J. U. and Han, M. S., 2007, “Calibration of Acceleration Plant due to Dynamic Fracture and Test Rig Design,” 2007 Autumn Conference Proceedings, *Korean Society of Machine Tool Engineers*, pp. 160~165.

(3) Chang, H. J., Kim, G. H., Song, J. H., Suk, J. S., and Hwang, S. K., 2004, “Consideration on the US and Euro NCAP methodology for the Frontal crash,” *2004 Autumn Conference Proceedings, The Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 2, pp. 872~877.

(4) Lim, J. M., Suk, J. S., and Kim, G. H., 2007, “Consideration on the Crash Safety Regulations of the Hybrid Electric Vehicle,” 2007 Spring Conference Proceedings, *The Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 3, pp. 1507~1511.

(5) Kim, H. K. and Kang, S. J., 2004, “Impact Analysis of Multi-purpose Vehicle Seat due to Luggage Intrusion,” 2004 Spring Conference Proceeding (Daegu-Gyeongbuk), *The Korean Society of Automotive Engineers*, pp. 7~13.

(6) Kim, S. H. and Bae, H. I., 2002, “Consideration of the Stamping Effect in the Crash Analysis of an Auto-body,” *Proceeding of the KAMES 2002 Joint Symposium*, pp. 3640~3645.

(7) Jang, S. K., Ko, S. S. and Kim, C. K., 2002, “A study on the trajectory of cars based on the accident pattern during the car racing,” *Proceeding of the KAMES 2002 Joint Symposium*, pp. 4092~4097.

(8) Swanson, J., 2008, *Ansys 11.0*, Ansys. Inc., U.S.A.