

자동차 충돌 해석에 관한 기초 연구

조재웅*, 민병상**, 한문식#

Basic Study on Impact Analysis of Automobile

Jae-Ung Cho*, Byung-Sang Min**, Moon-Sik Han[#]

(Received 27 February 2009; received in revised form 27 March 2009; accepted 29 March 2009)

ABSTRACT

This study is to analyze the impact of automotive body with computer simulation. The total deformation, equivalent strain and strain and principal stress are analyzed respectively in case of front, rear and side impacts. The maximum total deformation of side impact is more than 6 times as large as that of rear impact. The maximum equivalent strain or stress of side impact is more than 4 times as large as that of rear impact. These deformation, strain and stress of front impact are a little more than those of rear impact. The maximum principal stress of side impact is more than 4.5 times as large as that of rear impact. This stress of front impact is a little more than that of rear impact.

Key Words : impact of automobile(자동차 충돌), maximum equivalent stress or strain(최대 등가응력 또는 변형률), maximum principal stress(최대 주응력), maximum total deformation(최대 전변형량)

1. 서 론

매년 전 세계적으로 일어나는 수 만 건의 충돌사고로 수많은 사람들이 목숨을 잃거나 부상을 입고 있다. 현재 우리나라의 자동차 교통사고 현황은 경찰청 통계의 의하면 2007년 기준으로 교통사고 발생 건수는 211,662건, 교통사고로 인한 사망자수는 6,166명, 부상자수는 335,906명이 집계되었다. 이 자료를 보면 교통사고 34.3건당 1명씩의 사망자와 1건

당 1.6명씩의 부상자가 발생하고 있다. 이 같은 결과로 사망자와 부상자를 줄이기 위해 많은 연구와 자동차 안전기준의 제정 그리고 충돌 시험 등이 활발히 진행되고 있다^{1~4)}. 이러한 충돌 시험을 하기 위해서는 많은 실험용자동차와 실험장비, 시간 등이 필요로 하기 때문에, 초기 설계단계에서 유한요소법을 이용한 컴퓨터해석을 수행하여 설계를 수정 보완을 한 다음에 실차를 실험하여 비용과 시간을 줄이고 있다^{5~7)}. 특히 자동차의 외관은 충돌시 운전자의 안전성 확보와 견고성을 확보하는 데에 있고, 운전자의 안전에 가장 밀접한 관계를 가지고 있는 부분이다⁸⁾. 따라서 본 연구에서는 철판으로 된 자동차의 외관이 충돌 됐을 때의 변형량과 변형률 등을 해석하였다. 연구 방법으로는 자동차 외장철판은

* 공주대학교 기계자동차공학부

** 공주대학교 일반대학원 기계공학과

교신저자 : 계명대학교 기계자동차공학부

E-mail : sheffhan@kmu.ac.kr

CATIA와 ANSYS로서 모델링을 하고, 충격해석을 하였다⁹⁾. 850Kg의 중량을 가진 자동차가 70Km/h의 속도로 달리는 동일한 조건하에서 세 종류의 충돌 즉, 벽에 정면충돌하였을 때, 다른 차가 후면에 충돌했을 때, 그리고 다른 차가 측면에 충돌하였을 때를 가정하여 시뮬레이션 하였다.

2. 모델 및 해석

2.1 연구 모델

본 연구는 자동차 충돌 했을 때의 철판의 강도를 해석하기 위하여 자동차의 범퍼, 보닛 등을 일체형으로 모델링하여 단품으로 구성하였다. Fig. 1은 자동차의 모델링이고, 모델의 치수로는 Fig. 2와 같이 전장, 전폭, 높이는 각각 3080, 1500, 1200mm로 하였다. Fig. 3은 유한요소를 해석하기 위해 많은 요소와 절점으로 분리하였다. 모델의 요소 및 절점의 수는 각각 22496개 및 46845개씩으로 하였다. Table 1은 본 모델의 재료에 대한 물성치이다.



Fig. 1 Model of Automotive Body

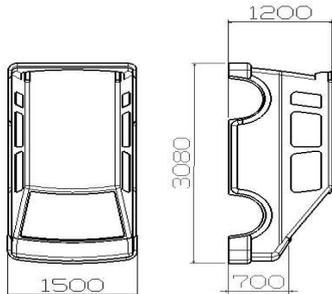


Fig. 2 Dimensions of Model (Unit: mm)

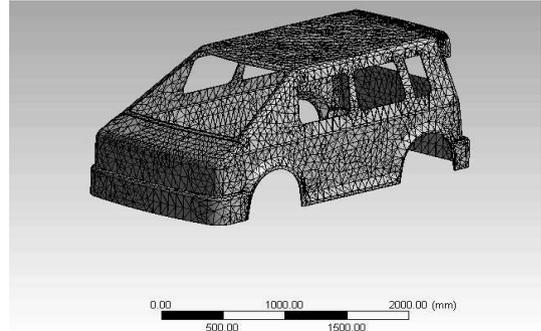


Fig. 3 Mesh of Model

Table 1. Material Property of Model

Material	Stainless Steel
Young's Modulus	193000 MPa
Poisson's Ratio	0.31
Density	0.0000775 Kg/mm ³
Thermal Expansion	0.000017 1/°C
Tensile Yield Strength	207 MPa
Compressive Yield Strength	207 MPa
Tensile Ultimate Strength	586 MPa
Compressive Ultimate Strength	0 MPa

850Kg을 중량을 가진 자동차가 70Km/h의 속도로 벽에 정면충돌을 하였다는 가정 하에서 자동차가 1초 동안 받는 하중은 (1), (2)식과 같이 16527N으로 계산된다.

$$\begin{aligned} \Delta P &= m \cdot v = (850) \times (70 \times \frac{1000}{3600}) \\ &= 16527 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{sec} \end{aligned} \quad (1)$$

따라서 충격량에 의하여 가해지는 충격력은

$$\begin{aligned} F &= \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{16527}{1} \\ &= 16527 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{sec}^2 = 16527 \text{ N} \end{aligned} \quad (2)$$

이 된다.

여기서, ΔP : 충격량(kgms)

m : 자동차의 질량(kg)

v : 자동차의 속도(m/s)

Δt : 충돌시간(sec)

2.1.1 정면 충돌

자동차의 정면충돌의 구속조건은 Fig. 4와 같이 자동차의 뒤 범퍼를 Fixed Support로서 고정시키고, 자동차의 앞 범퍼에 (2)식에서 계산한 16527N의 충격력을 가해 주었다.

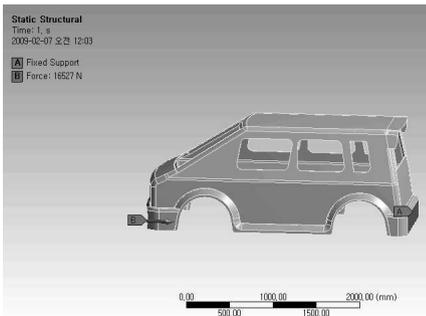


Fig. 4 Fixed Support & Applied Force by Front Impact

2.1.2 후면 충돌

자동차의 후면충돌의 구속조건은 Fig. 5와 같이 자동차의 앞 범퍼를 Fixed Support로서 고정시키고, 뒷 범퍼에 (2)식에서 계산한 16527N의 충격력을 가해 주었다.

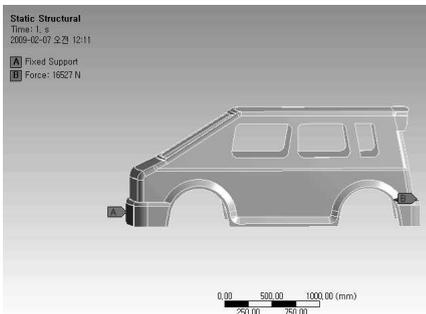


Fig. 5 Fixed Support & Applied Force by Rear Impact

2.1.3 측면 충돌

자동차의 측면충돌의 구속조건은 Fig. 6과 같이 자동차의 우측 측면에 Fixed Support로서 고정시키고, 좌측 측면에는 (2)식에서 계산한 16527N의 충격력을 가해 주었다.

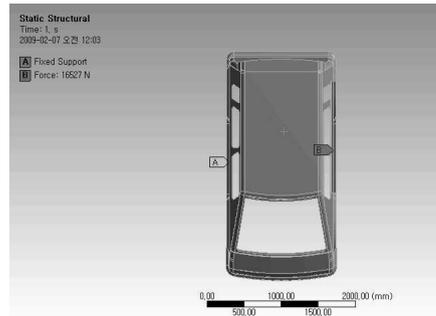


Fig. 6 Fixed Support & Applied Force by Side Impact

2.3 해석 결과

2.3.1 정면충돌의 경우

Fig. 7부터 10까지는 정면충돌에 대한 전변형량, 등가변형률, 등가응력 및 주응력 들을 해석하였다. Fig. 7은 자동차 정면 충돌시의 전변형량의 등고선 결과로서 최대 변형량은 자동차 앞 범퍼의 밑 부분에서 32.345mm로 나타났다. Fig. 8은 정면 충돌시의 등가 변형률에 대한 등고선 결과로서 앞 범퍼의 윗 부분에서 0.0018313mm/mm의 최대등가변형률이 나타났다. Fig. 9는 정면 충돌시의 등가응력에 대한 등고선 결과로서 최대응력은 353.44MPa로 앞 범퍼의 윗부분에 나타났다. Fig. 10은 최대응력에 대한 여러 가지의 Mesh 수의 변화에 따른 수렴 데이터 나타내는 그래프와 표이다. 1번 해석과 2번 해석은 수렴이 되지 않았고, 3번과 4번은 수렴되는 경향을 보였다. 그리고 4번 해석보다 3번 해석이 효율적으로 수렴하였다. 따라서 3번 해석이 Mesh에 대해서는 해석에 가장 적합한 것으로 사료 된다. Fig. 11은 정면충돌시의 최대 주응력에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서, 앞 범퍼와 자동차 바디가 결합되는 부분에서 가장 크게 나타나서 293.65MPa로서의 최대 주응력이 되었다.

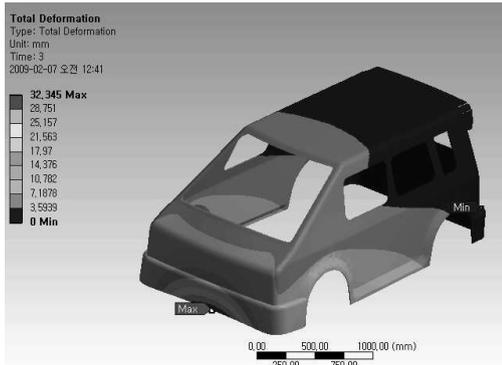


Fig. 7 Contour of Total Deformation at Body by Front Impact

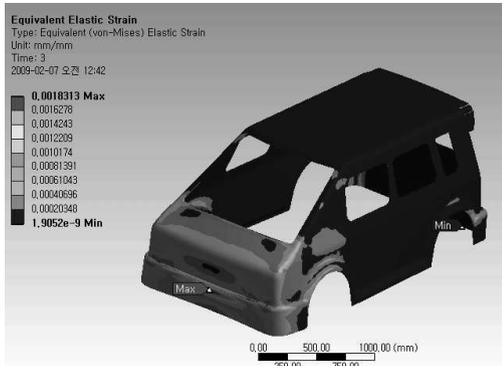


Fig. 8 Contour of Equivalent Strain at Body by Front Impact

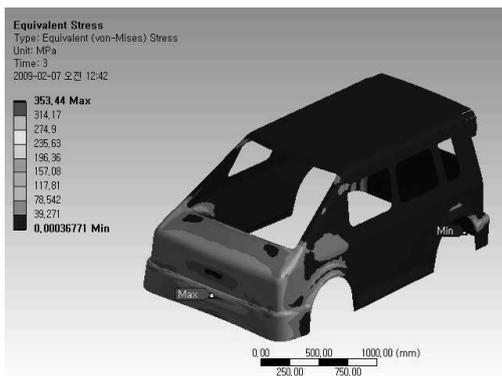
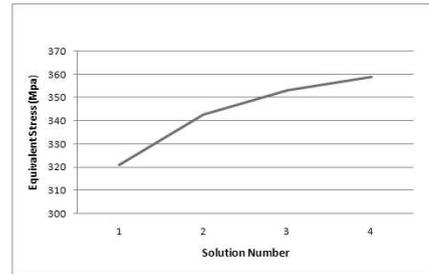


Fig. 9 Contour of Equivalent Stress at Body by Front Impact



	Equivalent Stress (Mpa)	Change(%)	Nodes	Elements
1	321.02	10.21	39228	20734
2	342.78	2.89	42640	22536
3	353.44	0	46345	24496
4	359.11	1.72	50375	26626

Fig. 10 Convergence of Maximum Equivalent Stress According to Solution Number by Front Impact

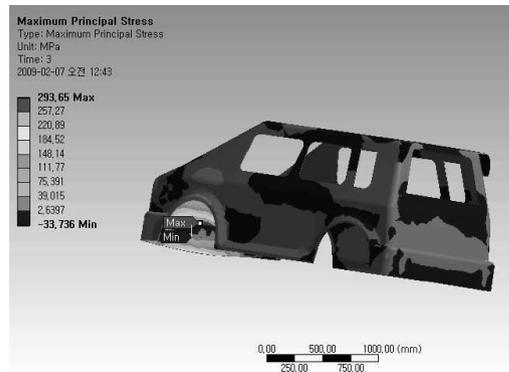


Fig.11 Contour of Maximum Principal Stress at Body by Front Impact

2.3.2 후면충돌의 경우

Fig. 12부터 14까지는 후면충돌에 대한 전변형량, 등가변형률, 등가응력 및 주응력들을 해석하였다. Fig. 12은 자동차 후면 충돌시의 전변형량의 등고선 결과로서 최대 변형량은 자동차 뒤 범퍼의 밑 부분에서 19.248mm로 나타났다. Fig. 13는 후면 충돌시의 등가 변형률에 대한 등고선 결과로서 뒤 범퍼의 윗부분에서 0.0014651mm/mm의 최대등가변형률이 나타났다. Fig. 14은 후면 충돌시의 등가응력에 대한 등고선 결과로서 최대응력은 293.02MPa로 뒤 범퍼의 윗부분에 나타났다. Fig. 15는 후면충돌시의 최대 주응력에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서, 앞 범퍼와 자동차 바디가 결합된 부분의 측면 쪽에서

가장 크게 나타나서 235.56MPa로서의 최대 주응력이 보였다.

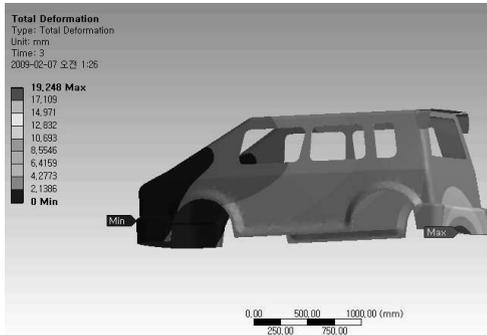


Fig. 12 Contour of Total Deformation at Body by Rear Impact

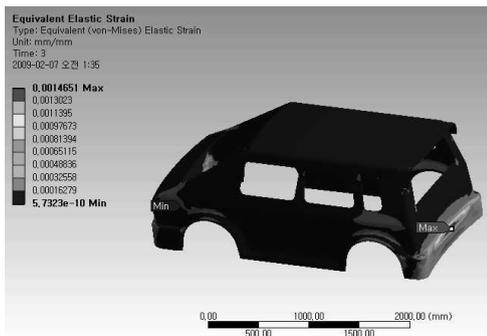


Fig. 13 Contour of Equivalent Strain at Body by Rear Impact

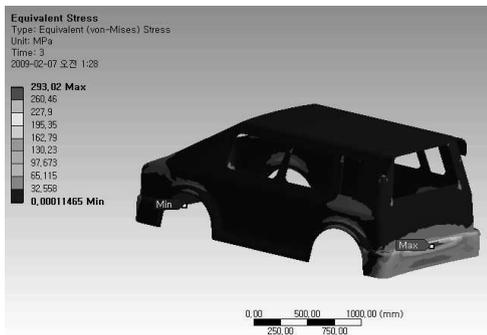


Fig. 14 Contour of Equivalent Stress at Body by Rear Impact

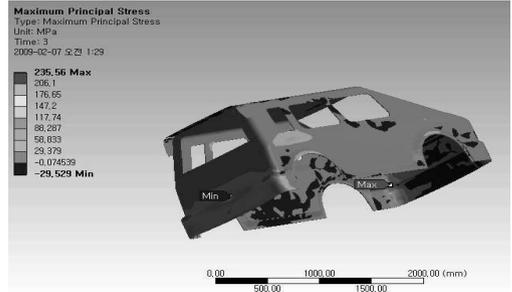


Fig.15 Contour of Maximum Principal Stress at Body by Rear Impact

2.3.3 측면충돌의 경우

Fig. 16부터 19까지는 측면 충돌에 대한 전변형량, 등가변형률, 등가응력 및 주응력들을 해석하였다. Fig. 16는 자동차 측면 충돌시의 전변형량의 등고선 결과로서 최대 변형량은 앞, 뒤 바퀴의 사이 부분에서 124.98mm로 나타났는데 이 값은 변형량이 가장 적게 나타난 후면충돌의 경우인 19.248mm의 변형량보다 약6배 이상으로 가장 컸다. 그 다음으로는 32.345mm의 최대 전 변형량을 나타낸 정면충돌의 경우이었다. Fig. 17은 측면 충돌시의 등가 변형률에 대한 등고선 결과로서 뒷바퀴 커버 윗부분이 0.0061477mm/mm로 최대등가변형률이 나타났으며, 이 값은 최대 등가 변형률이 가장 작게 나타난 후면충돌 경우에서의 최대 등가 변형률인 0.0014651 mm/mm보다 약 4배 이상으로 가장 컸다. 그 다음으로는 0.0018313mm/mm의 최대 등가 변형률을 나타낸 정면충돌의 경우이었다.

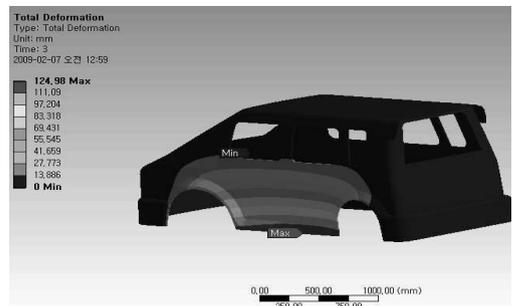


Fig. 16 Contour of Total Deformation at Body by Side Impact

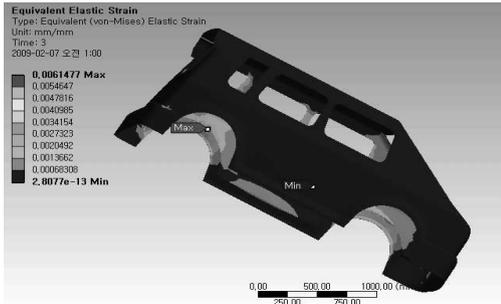


Fig. 17 Contour of Equivalent Strain at Body by Side Impact

Fig. 18은 측면 충돌시의 등가응력에 대한 등고선 결과로서 최대응력은 1229.5MPa로 뒷바퀴의 커버 윗부분에서 나타났다. 이 값은 등가응력이 가장 적게 나온 후면충돌의 경우인 293.02MPa 보다 약 4배 이상의 등가응력을 보여 가장 컸다. 그 다음으로는 353.44MPa의 등가응력을 나타낸 정면충돌의 경우이었다. Fig. 19는 측면충돌시의 최대 주응력에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서 앞바퀴의 커버 윗부분에 가장 크게 나타나서 1103.9MPa로서의 최대 주응력이 되었다. 이 값은 최대 주응력이 가장 적게 나타난 후면 충돌의 최대 주응력인 235.56MPa보다 약 4.5배 이상의 높은 값을 보여 가장 컸다. 그 다음으로는 293.65MPa의 최대 주응력을 나타낸 정면충돌의 경우이었다. 이상과 같이 범퍼가 없어 약한 측면의 경우가 범퍼가 있는 정면이나 후면의 경우보다 변형량, 변형률 및 응력이 4배 이상으로 나타난 것을 알 수 있었다.

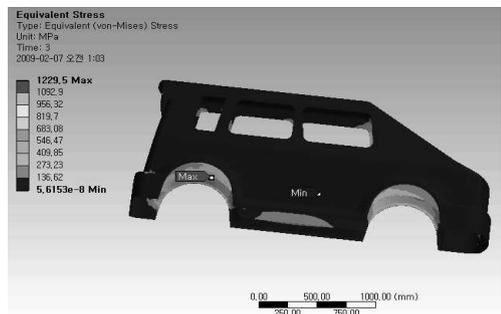


Fig. 18 Contour of Equivalent Stress at Body by Side Impact

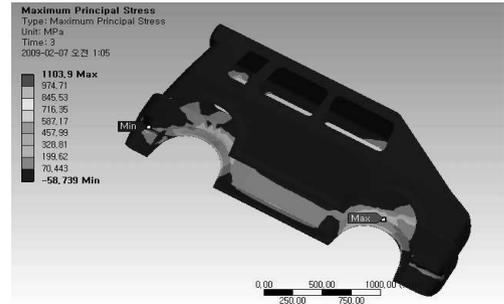


Fig. 19 Contour of Maximum Principal Stress at Body by Side Impact

3. 결 론

본 연구에서는 철판으로 된 자동차의 외장이 충돌됐을 때의 각 경우에 따른 시뮬레이션을 하여 판의 변형량과 변형률 등을 해석하였으며, 다음과 같은 결과를 나타냈다.

1. 측면 충돌의 최대 전변형량이 후면 충돌의 전변형량 보다 6배 이상 커서 제일 높았고, 정면충돌, 후면충돌의 순서로 나타났다.
2. 등가 변형률이나 등가 응력은 측면 충돌이 후면 충돌보다 4배 이상 커서 제일 높았고, 정면충돌, 후면충돌의 순서로 나타났다.
3. 최대의 주응력은 측면 충돌이 후면충돌의 경우보다 약 4.5배 이상으로 커서 제일 높았고, 정면충돌, 후면충돌의 순서로 나타났다.
4. 범퍼가 없어 약한 측면의 경우가 범퍼가 있는 정면이나 후면의 경우 보다 변형량, 변형률 및 응력이 4배 이상으로 나타난 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Kim, H. Y., Choi, J. G., Kim, J. M., Lee, K. W. and Yeo, T. J., "Numerical Modeling for Cumulative Impact of Automotive Bumper," Transactions of KSAE, Vol. 15, No. 3, pp.29-34,

- 2007.
2. 박관흠, “자동차의 충돌 안정성,” 한국자동차공학회 2005년 심포지움, p. 7, 2005.
 3. Chang, H. J., Kim, G. H., Song, J. H., Suk, J. S. and Hwang, S. K., “Consideration on the US and Euro NCAP methodology for the Frontal crash,” 2004 Spring Conference Proceeding of KSAE, pp. 872-877, 2004.
 4. Lim, J. M., k J. S. and G, H., “Consideration on the Crash Safety Regulations of the Hybrid Electric Vehicle,” 2007 Autumn Conference Proceeding of KSAE, pp. 1507-1511, 2007.
 5. 김형광, 강성중, “다목적 자동차 시트의 적재물 침입 충돌해석,” 한국자동차공학회 2004년 춘계 지부학술대회논문집(대구 경북), pp. 7-13, 2004.
 6. 김세호, 배한일, “자동차 충돌해석에서의 부재 성형효과의 고려,” 2002년도 기계관련 산학연 연합심포지엄 강연 및 논문 초록집, pp. 3640-3645, 2002.
 7. 장성국, 고성숙, 김찬규, “자동차경주 중 충돌 형태에 따른 충돌 후 궤적에 대한 연구,” 2002년도 기계관련 산학연 연합심포지엄 강연 및 논문 초록집, pp. 4092-4097, 2002.
 8. Kim, M. H., Cho, S. S. and Ha, S. K., “Design and Structural Analysis of Aluminum Bumper for Automobile,” Trans. of KSAE, Vol. 7, No. 4, pp. 217-227, 1999.
 9. Swanson, J., Ansys 11.0, Ansys. Inc., 2008.