

휴대폰 재질에 따른 충격 해석

조재웅*, 민병상**, 한문식#

Impact Analysis According to Material of Hand Phone

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

(Received 23 April 2009; received in revised form 2 June 2009; accepted 3 June 2009)

ABSTRACT

This study is analyzed by impact simulation according to material property at terminal case of hand phone. Maximum equivalent stress or strain at plastic is 40 times as great as that at magnesium alloy. And the next greatest stress or strain is shown at aluminium alloy. The value of maximum equivalent stress is shown as 6.5 Mpa in case of plastic, magnesium alloy and aluminium alloy. Maximum shear strain at plastic is 40 times as great as that at magnesium alloy. And the next greatest strain is shown at aluminium alloy. The value of deformation or strain at magnesium alloy and aluminium alloy is not different.

Key Words : impact simulation(충격 시뮬레이션), Maximum equivalent stress or strain(최대 등가응력 또는 변형율), Maximum shear strain(최대 전단변형율), Deformation or strain(변형 또는 변형율)

1. 서 론

우리나라의 휴대폰의 이용자 현황은 2008년 12월 말 기준으로 4560만대가 돌파 하였다고 한다. 휴대폰의 기본 기능인 발신, 수신 통화 및 메시지뿐만 아니라 인터넷 이용 및 스케줄 관리도 할 수 있으므로 휴대폰 이용자는 더욱 많아졌다. 이러한 휴대폰 이용자중 10명당 2명은 구입 후 6개월 이내 교체한다고 한다. 이들의 교체 이유 건 수의 42%는 단말기 고장 및 파손이 원인이었다고 한다. 이러한 고장 및 파손으로 인해 단말기 안의 자료와 저장 내용이 복

구되지 않아 피해를 보는 경우가 많다^[1-3]. 단말기 파손에 주요 이유가 되는 원인은 케이스에 충격을 가해졌을 때의 파괴 변형량이다. 휴대폰 케이스의 플라스틱재질만으로는 내구성이 떨어져서 그 한계를 극복하기 위해서는 알루미늄이나 마그네슘의 재질을 사용하여 내구성의 비교하였다. 단말기가 밑에 위치하여 있고, 30Kg의 물체가 0.5m 높이에서 떨어졌을 경우에, 단말기가 받게 되는 하중은 30N이 된다. 이러한 하중 조건을 ANSYS 프로그램에 적용하고 플라스틱, 마그네슘 합금, 알루미늄 합금재질을 비교하여 충격해석을 해보았다. 본 연구에서는 단말기 케이스의 모델링을 Unigraphics NX4 프로그램으로 하였고, ANSYS 11.0을 이용하여 충격해석을 수행하였다^[4-5].

* 공주대학교 기계자동차공학부

** 공주대학교 일반대학원 기계공학과

교신저자 : 계명대학교 기계자동차공학부

E-mail : sheffhan@kmu.ac.kr

2. 모델 및 해석

2.1 연구 모델

본 연구는 단말기의 외장케이스의 강도를 해석하기 위한 연구로 기본적인 단말기의 앞면 케이스와 뒷면 케이스, 배터리 커버로 구성 하였다. Fig. 1은 연구 모델의 구성요소이고, Fig. 2는 모델의 치수로 가로, 세로, 높이가 각각 105, 60, 15mm 이다. Fig. 3은 모델에 대한 절점수와 요소 수로 각각 20049개와 9279개로 구성 되어있다. 비교적 얇은 소재라도 해석상에 있어 비교적 최적화된 Mesh를 구성해 주므로 정확한 결과를 얻을 수 있는 사면체 요소를 사용하였다.

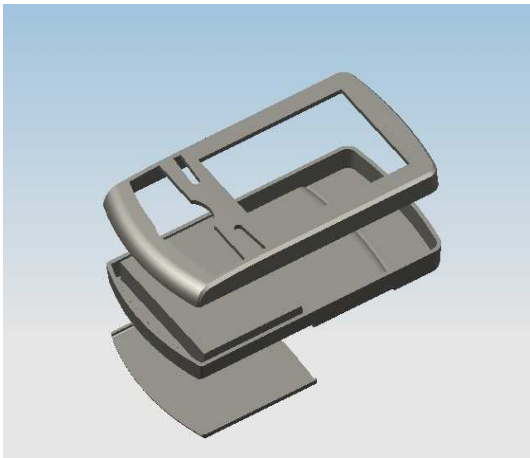


Fig. 1 Assembly Configuration of Model

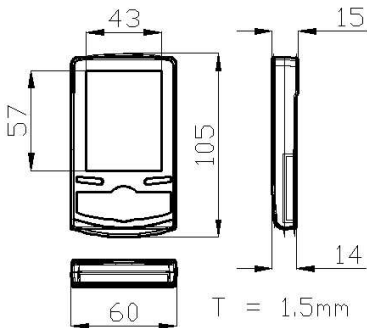


Fig. 2 Dimensions of Model (unit : mm)

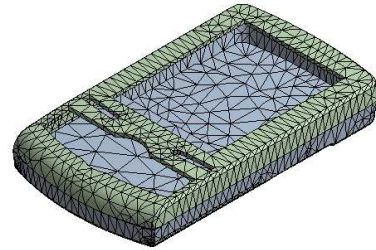


Fig. 3 Mesh of Model

Table 1. Material Property

	Plastic	Magnesium Alloy	Aluminum Alloy
Young's Modulus	1100MPa	45000MPa	71000MPa
Poisson's Ratio	0.42	0.35	0.33
Density	9.5×10^{-7} Kg/mm ³	1.8×10^{-6} Kg/mm ³	2.77×10^{-6} Kg/mm ³
Thermal Expansion	2.3×10^{-4} 1/°C	2.3×10^{-4} 1/°C	2.3×10^{-5} 1/°C
Tensile Yield Strength	25MPa	193MPa	280MPa
Compressive Yield Strength	0MPa	193MPa	280MPa
Tensile Ultimate Strength	33MPa	255MPa	310MPa

2.2 하중 및 구속 조건

Table 1은 케이스의 각 재료에 대한 물성치이다.

Fig. 4과 같이 낙하시험을 하는데, 하중 조건은 바닥에 단말기가 놓여있다는 가정 하에서 30Kg의 물체가 0.5m 높이에서 하강해서 1 초의 시간동안 단말기가 받는 하중은 (1), (2), (3)식과 같이 30N으로 계산된다. 30Kg의 물체가 휴대폰에 떨어져서 휴대폰에 접촉한 순간부터 1초 동안의 짧은 시간에 일정한 운동량으로써 30N의 힘이 작용한다고 가정하였다. 통상적으로 짧은 시간을 1초로 보기 때문에 1초 동안의 하중값을 주었다.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.5} = 0.9888 \approx 1\text{m/s} \quad (1)$$

$$\Delta P = m \times v = 30 \times 1 = 30 \text{ kg} \cdot \text{m/sec} \quad (2)$$

따라서 충격량에 의하여 가해지는 충격력은

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = 30 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/sec}}{\text{sec}} = 30 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2 = 30\text{N} \quad (3)$$

이 된다.

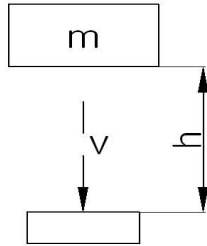


Fig. 4 Schematic Diagram of Drop Test(m: Mass, V: Drop Speed, h: Drop Height)

단말기의 구속조건은 Fig. 5와 같이 단말기 뒷면 케이스와 배터리 커버의 뒷면에 고정시키고, 단말기의 앞면 케이스의 전면부분에 30N의 하중을 가해 준다.

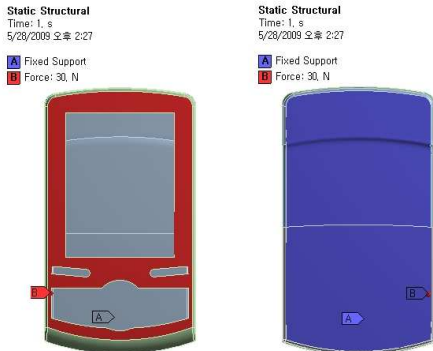


Fig. 5 Fixed Support & Applied Force

2.3 해석 결과

Fig. 6부터 9까지는 플라스틱 케이스의 경우에 있어서의 응력해석을 하였다.

Fig. 6와 같이 등가 변형률에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서 앞면 케이스 아래쪽으로 0.00586 mm/mm의 변형률이 나타났다. Fig. 7은 최대 전단 변형률에 대한 등고선 결과로 단말기 케이스가 0.0055mm/mm의 변형률이 나타났다. Fig. 8은 등가 응력에 대한 등고선 결과로 최대응력이 6.4467MPa가 나타났다. Fig. 9은 전변형률에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서 앞면 케이스가 아래쪽으로 1.2614mm의 최대 변형량이 나타났다.

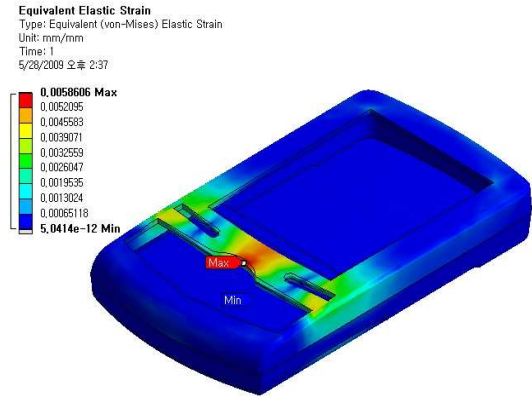


Fig. 6 Contour of Equivalent Strain at Plastic Case

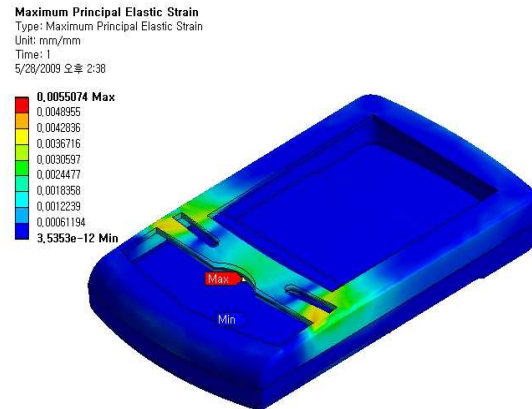


Fig. 7 Contour of Maximum Shear Strain at Plastic Case

Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 5/28/2009 오후 2:38

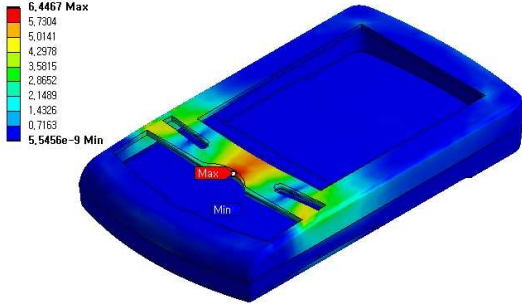


Fig. 8 Contour of Equivalent Stress at Plastic Case

Equivalent Elastic Strain
 Type: Equivalent (von-Mises) Elastic Strain
 Unit: mm/mm
 Time: 1
 5/28/2009 오후 2:39

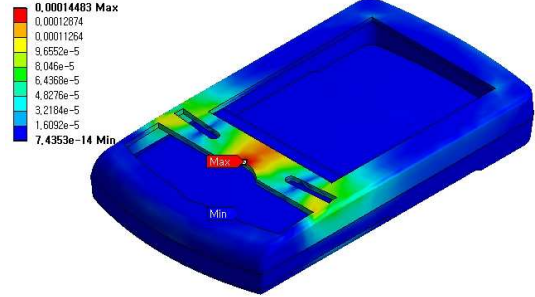


Fig. 10 Contour of Equivalent Strain at Magnesium Alloy Case

Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1
 5/28/2009 오후 2:36

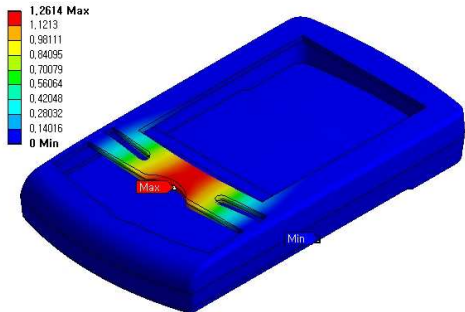


Fig. 9 Contour of Total Deformation at Plastic Case

Maximum Principal Elastic Strain
 Type: Maximum Principal Elastic Strain
 Unit: mm/mm
 Time: 1
 5/28/2009 오후 2:40

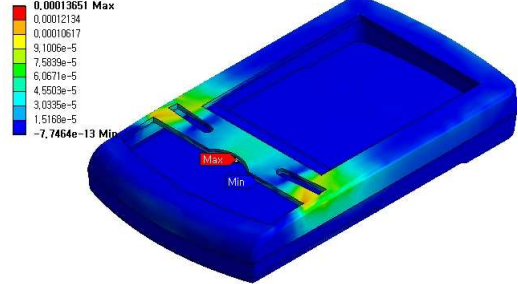


Fig. 11 Contour of Maximum Shear Strain at Magnesium Alloy Case

Fig. 10부터 13까지는 마그네슘 합금 케이스의 경우에 있어서의 응력해석을 하였다. Fig. 10과 같이 등가 변형률에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서 앞면 케이스 아래쪽으로 0.00014483mm/mm의 변형률이 나타났다. Fig. 11은 최대 전단 변형률에 대한 등고선 결과로 단말기 케이스가 0.00013651mm/mm의 변형률이 나타났다. Fig. 12는 등가응력에 대한 등고선 결과로 최대응력이 6.5172MPa가 나타났다. Fig. 13은 전체 변형량에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서 앞면 케이스가 아래쪽으로 0.031665mm의 최대 변형량이 나타났다.

Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 5/28/2009 오후 2:40

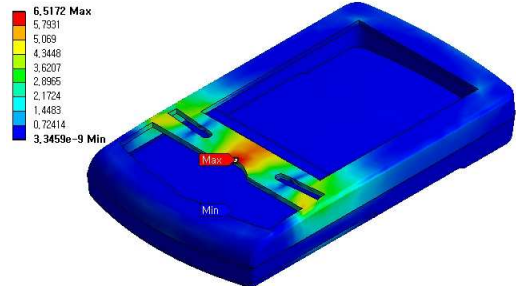


Fig. 12 Contour of Equivalent Stress at Magnesium Alloy Case

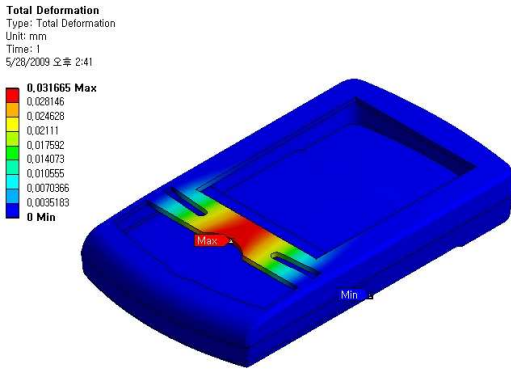


Fig. 13 Contour of Total Deformation at Magnesium Alloy Case

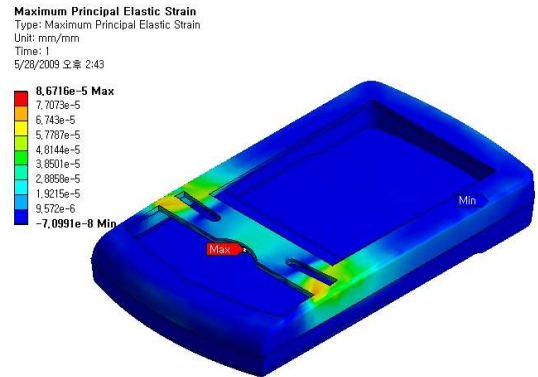


Fig. 15 Contour of Maximum Shear Strain at Aluminium Alloy Case

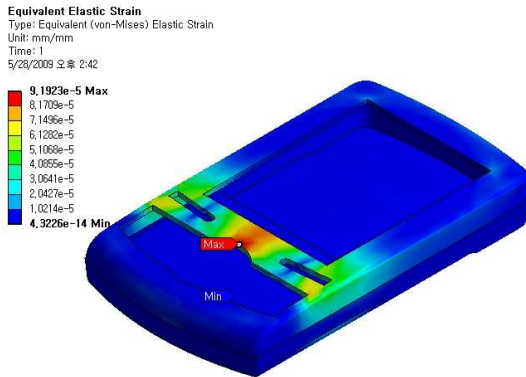


Fig. 14 Contour of Equivalent Strain at Aluminium Alloy Case

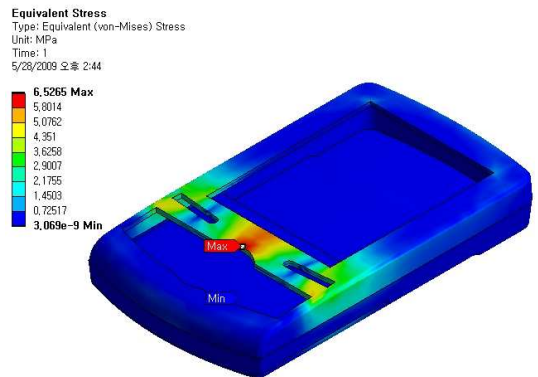


Fig. 16 Contour of Equivalent Stress at Aluminium Alloy Case

Fig. 14부터 17까지는 알루미늄 합금 케이스의 경우에 있어서의 응력해석을 하였다. Fig. 14와 같이 알루미늄 합금 케이스의 등가 변형률에 대한 등고선 결과를 보이는 것으로서 앞면 케이스 아래쪽으로 $9.1923 \times 10^{-5} \text{mm/mm}$ 의 변형률이 나타났다. 재질에 따라 최대의 등가 변형율을 비교해 볼 때 플라스틱이 0.0058606mm/mm 나왔고, 마그네슘 합금은 0.00014483mm/mm 나왔다. 플라스틱의 등가 변형률이 마그네슘합금 보다 40배 이상 컸으며 제일 높았으며, 그 다음으로 알루미늄 합금 순이었다.

Fig. 15는 알루미늄합금에서는 최대 전단 변형률에 대한 등고선 결과로 단말기 케이스가 $8.6716 \times 10^{-5} \text{mm/mm}$ 의 변형률이 나타났다. 최대 전단 변형률은

플라스틱 일 경우 0.0055074mm/mm 가 나왔고, 마그네슘은 0.00013651mm/mm 가 나왔다. 최대 변형률도 역시 플라스틱이 마그네슘합금보다 40배 이상 컸으며 제일 높았으며, 그 다음으로 알루미늄 합금 순이었다.

Fig. 16는 알루미늄 합금의 등가응력에 대한 등고선 결과로 최대응력이 6.5265MPa 가 나타났다. 최대의 등가응력은 역시 플라스틱이 6.4467MPa , 마그네슘 합금이 6.5172MPa 로서 알루미늄 합금이 제일 높았고, 마그네슘 합금이 그 다음으로 알루미늄 합금이 제일 낮았다. 전반적으로 최대의 등가 응력은 6.5MPa 에 달하였다.

Fig. 17은 알루미늄 합금의 전변형량에 대한 등고

선 결과를 보이는 것으로서 앞면 케이스가 아래쪽으로 0.02018mm의 최대 변형량이 나타났다. 전변형량 역시 플라스틱이 1.2614mm 으로 최대의 변형량을 보였고, 마그네슘 합금이 0.031665mm으로 그 다음을 보였다. 역시 알루미늄 합금이 제일 변형량이 적었다. 최대의 전변형량도 역시 플라스틱이 마그네슘 합금보다 40배 이상 컸으며 제일 높았으며, 그 다음으로 알루미늄 합금 순이었다. 플라스틱이 마그네슘 합금과 알루미늄합금보다 현저하게 변형량과 변형률이 크게 나타났으며, 마그네슘 합금과 알루미늄 합금은 그 값이 거의 차이가 없었다. 종합적으로 최대의 등가변형률, 전단 변형률, 등가응력, 변형량들을 Table 2와 같이 재료별로 정리하였다.

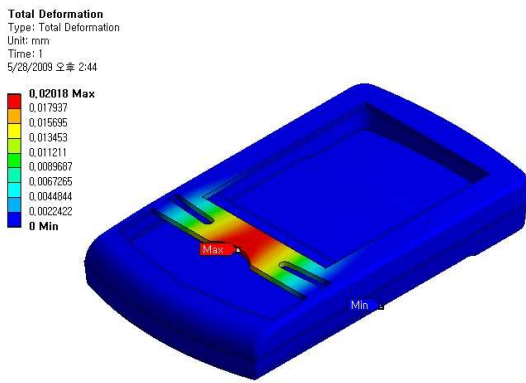


Fig. 17 Contour of Total Deformation at Aluminium Alloy Case

Table 2 Comparison with Strain, Stress and Deformation of Material

	Plastic	Magnesium Alloy	Aluminum Alloy
Maximum Equivalent Strain (mm/mm)	0.0058606	0.00014483	9.1923×10^{-5}
Maximum Shear Strain (mm/mm)	0.0055074	0.00013651	8.6716×10^{-5}
Maximum Equivalent Stress (MPa)	6.4467	6.5172	6.5265
Maximum Total Deformation (mm)	1.2614	0.031665	0.02018

3. 결론

본 연구에서는 휴대폰 단말기의 케이스를 각 재질에 따라 충격 해석하여 다음과 같은 해석 결과를 보았다.

1. 재질에 따라 최대의 등가 변형율을 비교해 볼 때, 플라스틱의 등가 변형률이 마그네슘합금 보다 40 배 이상 컸으며 제일 높았으며, 그 다음으로 알루미늄 합금이었다.
2. 최대 전단 변형률은 플라스틱이 마그네슘합금보다 40배 이상 컸으며 제일 높았으며, 그 다음으로 알루미늄 합금이었다.
3. 최대의 등가응력은 플라스틱이 제일 높았고, 마그네슘 합금, 알루미늄 합금 순서로 낮았다. 전반적으로 이 등가 응력은 6.5MPa에 달하였다.
4. 최대의 전변형량은 플라스틱이 1.26mm 정도로서 플라스틱이 마그네슘합금보다 40배 이상 컸으며 제일 높았으며, 그 다음으로 알루미늄 합금이었다.
5. 플라스틱이 마그네슘합금과 알루미늄합금보다 현저하게 변형량과 변형률이 크게 나타났으며, 마그네슘 합금과 알루미늄 합금에서는 이들 값의 차이는 거의 없었다.

참고문헌

1. Joung, J. H., Kim, H. B. R., Seong, Y. H. and Choi, H. H., "A Study on Strength Evaluation of LCD Glass for Drop test," Journal of KSPE, Vol. 25, No. 8, pp. 99-108, 2008.
2. Kim, J. G., Lee, J. Y. and Lee, S. Y., "Drop/Impact Simulation and Experimental Verification of Mobile Phone," Trans. of the KSME(A), pp. 695-702, 2001.
3. Kim, B. S., LEE, D. J., Koo, J. C., Choi, J. B., Kim, Y. J. and Chu, Y. B., "Study on Shock Damage Evaluation of Displays of Mobile IT Device," 2007 Spring Conference Proceeding of KSPE, pp. 145-145, 2005.

4. 태성에스엔이. FEA사업부, “Ansys Workbench 왕초보 탈출하기(개정판),” 시그마프레스, pp. 68-192, 2008.
5. Ahn, D. G., Moon, K. J., Jung, C. G. and Yang, D. Y., Investigation into Low Velocity Impact Characteristics of the Stainless Steel Sheet with Thickness of 0.7 mm on the Stretching Condition using Three-Dimensional Finite Element Analysis,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 25 No. 8, pp. 80-87, 2008.