

포탄과 충돌하는 모래의 온도 변화

Temperature Change of Sand Colliding with Cannonballs

*김윤건¹, 전재원¹, #최우천², 김재갑³, 김봉수³

*Y. K. Kim¹, J. W. Jeon¹, #W. C. Choi(wchoi@korea.ac.kr)², J. K. Kim³, B. S. Kim³

¹고려대학교 기계공학과 대학원, ²고려대학교 기계공학부, ³국방과학연구소

Key words : Cannonball, Collision, Sand, Temperature

1. 서론

현재 지상 포탄 발사 시험이 다양한 방법으로 시행 중이다. 그 중 비활성 포탄이 모래에 충돌할 때의 모래의 온도에 대한 연구는 충분하지 않다. 모래와 포탄이 마찰열에 의해서 포탄이 녹기도 하며, 모래의 온도가 올라감에 따라 모래의 물성치도 바뀔 수 있다. 포탄이 모래에 침투할 때의 온도를 예측함으로써 반복적인 발사 시험에서 좀 더 안전한 탄착지의 운용을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 포탄 발사 시험에 있어서 포탄이 일반적인 모래를 침투할 때의 온도 변화를 해석했다. 연구를 통하여 포탄이 모래 속을 침투할 때의 특성을 이해하도록 한다.

2. 이론적 배경

본 연구를 위해 사용한 프로그램은 유한요소해석 프로그램인 AUTODYN 이다. 모래의 온도를 알아내기 위해 포탄이 빠른 속도로 충돌할 때 모래의 large strain, high strain, 높은 온도를 알 수 있는 Johnson-Cook 모델을 사용했다. 이 모델의 Yield stress는 다음과 같이 정의된다[1].

$$Y = [A + B \epsilon_p^n] [1 + C \log \epsilon_p^*] [1 - T_H^m] \quad (1)$$

여기서 ϵ_p 는 effective plastic strain, ϵ_p^* 는 normalized effective plastic strain rate, T_H 는 homologous temperature로 $(T - T_{room}) / (T_{melt} - T_{room})$ 를 뜻한다.

3. 해석 및 결과

발사 시험에 사용된 포탄은 곡사포용 155mm K307 포탄이다. Fig 1은 포탄과 모래를 ANSYS Explicit Dynamics에서 모델링한 후 AUTODYN으

로 불러들여 포탄이 침투하는 경로를 예상한 후 각 mesh에 온도를 측정하기 위해 gauge를 설치한 그림이다. 해석조건으로 포탄의 초기 발사 속도는 950m/s, 각속도는 125rad/s, 모래탄착지의 전체크기는 1.8m×3.6m×3.3m로 하였으며 모래 내부 온도를 쉽게 볼 수 있게 Explicit Dynamics의 Symmetry Region기능을 사용했다. 포탄의 재질은 Copper Alloy를 사용했고, 모래의 물성치는 Table 1에 나타났다.

Table 1 Material Property of Sand[2 - 5]

Density	1.59 g/cm ³
Bulk Modulus	80000 kPa
Reference Temperature	293 K
Specific Heat	2.74 J/kgK
Thermal Conductivity	1.3 J/mKs
Shear Modulus	76900 kPa
Yield Stress	0.2 kPa
Hydro Tensile Limit	-1 kPa
Erosion Strain	2

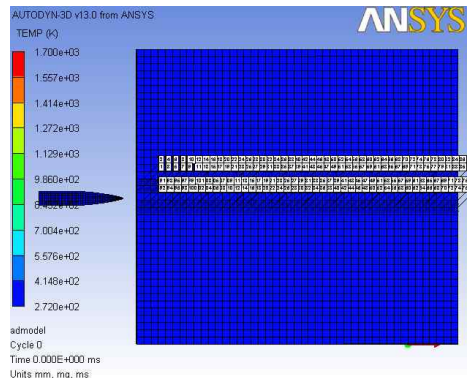


Fig. 1 Modeling of Cannonball, Sand and Gauges

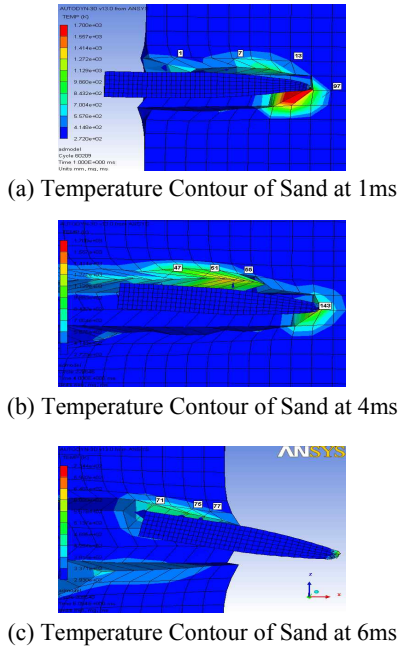


Fig. 2 Temperature Contour of Sand

Fig. 2는 1, 3, 6ms 일 때의 온도의 등고선을 나타낸 것이다. 온도 분포가 일어나는 영역에서 일정한 거리에 있는 gauge들의 온도를 그래프로 표시한 것이 Fig. 3이다. 포탄이 모래에 처음 침투할 때의 포탄 앞부분의 온도는 약 2,200°C까지 오른다. 포탄이 모래의 중앙부분에 위치할 때 포탄의 주변 온도는 약 700 - 900°C에 이른다. 포탄이 모래를 거의 통과할 때, 포탄의 주변 온도는 약 140 - 220°C까지 감소했다.

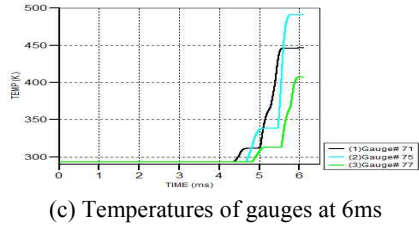
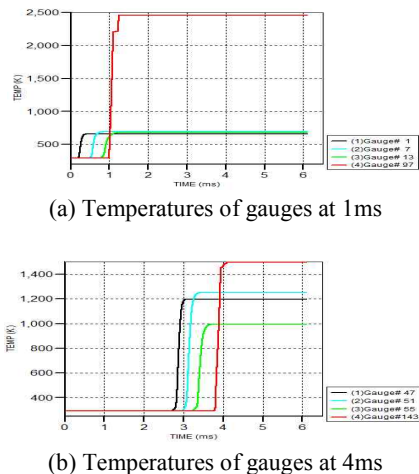


Fig. 3 Temperature of gauges

4. 결론

포탄과 모래가 충돌할 때, 포탄 앞부분 모래의 온도는 Copper Alloy의 녹는점인 1065 - 1083°C 이상으로 올라가지만 4ms 이후에는 녹는점까지 온도 상승이 일어나지 않았다[6].

향후 연구로 모래의 물성치를 다양하게 변화시켰을 때 모래의 온도변화를 해석할 계획이다.

후기

본 연구는 국방과학연구소의 일반기초연구사업(ADD-11-01-04-09) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Information on <http://www.century-dynamics.com>
2. Information on <http://www.matweb.com>
3. 권영철, 이봉직, 오세욱, 배우석, 카자마토모키, "반복전단과정을 받는 모래의 체적탄성계수에 대한 실험적 측정," 대한토목학회 정기 학술대회, 925-928, 2007.
4. Nidal H. Abu-Hamdeh, Randall C. Reeder, "Soil Thermal Conductivity: Effects of Density, Moisture, Salt Concentration, and Organic Matter," SSSAJ, 64, 1285-1290, 2000.
5. A. Pantet, S. Robert, S. jarny and S. Kervella, "Effect of Coarse Particle Volume Fraction on the Yield Stress of Muddy Sediments from Marennes Oleron Bay," Advances in Material Science And Engineering, 2010, 1-6, 2010.
6. Information on <http://www.solarmfg.com>