

## 포탄의 충돌 시 응력 해석

### Stress Analysis of Cannonballs during Impact

\*윤준식<sup>1</sup>, 정영훈<sup>1</sup>, 방한석<sup>1</sup>, 이해석<sup>2</sup>, 조연식<sup>2</sup>, #최우천<sup>3</sup>

\*J. S. Youn<sup>1</sup>, Y. H. Jung<sup>1</sup>, H. S. Bang<sup>1</sup>, H. S. Lee<sup>2</sup>, Y. S. Cho<sup>2</sup>, #W. C. Choi(wchoi@korea.ac.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup>국방과학연구소, <sup>3</sup>고려대학교 기계공학부

Key words : Cannonball, Ricochet, Impact, Force, Stress, Safety Factor

#### 1. 서론

포탄 시험 중에서 해수면에 발사되는 시험은 각종 탄들에 대한 자료 수집과 함께 완전한 제품에 대한 신뢰도 평가를 위해 필요하다. 포탄이 해수면과 충돌하면 물수제비 현상이 발생한다. 그 이유는 충돌하는 각도와 속도에 따라 항력이 발생하기 때문이다. 빠른 속도와 회전을 가지고 해수면과 충돌하는 포탄은 입사각과 입사속도에 따라 도비하여 나아가는 경로가 다양하다.

본 연구의 목적은 해상에 충돌한 포탄의 충격량을 계산하여 포탄의 파쇄 여부와 파편의 이동 등 발생할 수 있는 여러 현상을 예측하고 발사시험 시 포탄의 이동 경로에 따른 적절한 안전구역을 설정하여 민간인에 대한 사고를 미연에 방지하기 위함이다.

#### 2. 이론적 배경

Fig. 1 에 K9 155mm 자주 곡사포가 나타나 있다. 155mm 항력감소 고폭탄의 중량은 약 46kg 이고 전장은 835mm 이다. 최고 사거리는 약 60km 이나 보통은 45km 정도로 발사된다.

해수면에 충돌하는 포탄은 유체에 대한 고체의 충돌을 의미하며, 이러한 충돌은 유체를 비점성, 비압축성 유동으로 가정하여



Fig. 1 K9 155mm Thunder

아래와 같은 관계식으로부터 충돌 시 고체 표면에 발생하는 표면 압력, 모멘텀을 구할 수 있다.[1]

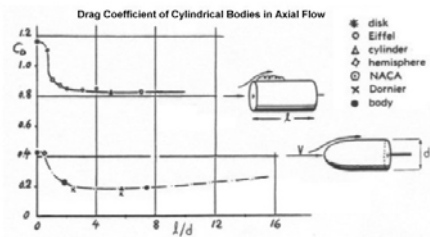
식 (1)은 속도 포텐셜 관련식이고, 식 (2)는 속도, 충돌 관련 모멘텀식이며, 식 (3)은 표면 압력 계수 관련식이다.

$$u = \nabla\Phi \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}\rho|\nabla\Phi|^2 + p = const. \quad (2)$$

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2}\rho_\infty V_\infty^2} = 1 - \frac{|\nabla\Phi|^2}{V_\infty^2} \quad (3)$$

Fig. 2 는 원통과 구형 모양의 항력계수를 실험한 결과를 나타내는 그림이다.[2] 형상에 따라 항력계수가 크게 달라지는 것을 알 수 있다.



Drag coefficient of blunt nose and rounded nose cylinders versus fineness ratio l/d

Fig. 2 Drag coefficients for different shapes

#### 3. 해석 및 결과

포탄의 응력을 해석하기 위한 방법으로는 ANSYS 를 이용한 유한요소 해석 방법을 적용하였다.

포탄이 해수면에 입사될 때 입사되는 각도에 따라 해수에 잠기는 정도가 다르게 된다. 이 때 해수면에 잠기는 부분은 해수에 의해 충격력을 받는다. 본 연구에서는 포탄 표면에 가해지는 충격력을 입력값으로 사용하였다.

Fig. 3 과 같이 Design modeler 를 이용하여 포탄을 설계하였고 Transient tool 을 사용하여 포탄과 해수면이 이루는 각도에 따라 힘이 가해지는 위치와 크기를 입력하여 결과를 도출하였다.

Fig. 4 는 포탄과 해수면이 이루는 각도가 10°일 때 충격력을 입력한 값에 대한 그림이다. 제일 앞쪽부터 충격력이 작용하여 점점 뒷쪽으로 힘이 퍼져 나가는 형태로 포탄에 충격력을 적용하였다. 힘이 작용되는 위치와 크기가 아래쪽 그림에 나타나 있다.

시간에 따른 Stress intensity 값을 Fig. 5 와 같이 얻을 수 있었다. 여기서의 최대값이 포탄의 강도보다 크면 파쇄되고, 낮으면 파쇄되지 않는다.

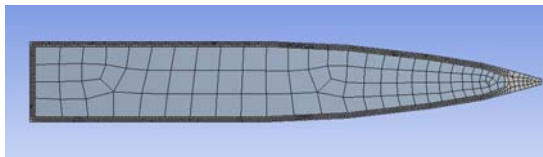


Fig. 3 Design of a cannonball

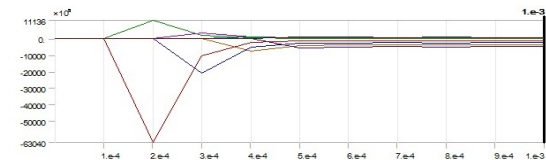
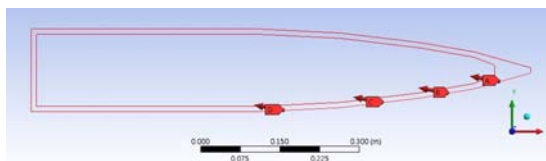


Fig. 4 Total input force

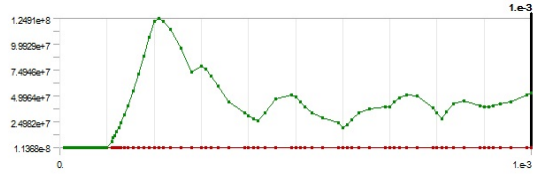


Fig. 5 Stress intensity of a cannonball



Fig. 6 Safety factor of a cannonball

Fig. 6 은 포탄이 파쇄되기까지의 안전계수를 구한 그림이다. 안전계수가 1 보다 크면 파쇄되지 않고, 작으면 파쇄된다. 여기서 최소 안전계수가 2 보다 크므로 파쇄되지 않는다고 할 수 있다. 포탄에 작용하는 충격력이 현재의 2 배 이상이 되어야 파쇄된다.

같은 방법으로 포탄과 해수면이 이루는 각도를 5°, 2°, 0°로 가정하여 해석해 본 결과 안전계수가 2 보다 큰 값이 도출되었다.

#### 4. 결론

해수면으로 사격된 포탄이 도비 현상을 일으킬 때 받는 힘은 충격력 연구를 통해 알 수 있다. 이러한 충격력이 포탄에 어떠한 영향을 주는지 유한요소 해석 방법을 이용하여 구하였다. 포탄의 파쇄 여부 예측은 발사 시험에 있어서 안전 환경을 설정하는데 매우 중요한 요소이다. 향후 연구로 포탄이 도비 현상을 일으킬 때 3 차원 거동 및 응력 해석을 수행할 계획이다.

#### 후기

본 연구는 국방과학연구소의 일반기초연구 사업(ADD-10-01-06-14) 지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. P. A. Henne, 1990, "Applied Computational Aerodynamics", Panel Method 4-1 ~ 4-67
2. Sighard F. Hoerner, 1993, "Fluid Dynamics Drag", Hoerner Fluid Dynamics