

해수면 충돌시 입사각에 따른 포탄의 거동 해석 Analysis of cannonball behavior for incident angle during collision with water

*전재원¹, #최우천², 이해석³, 조연식³

*J. W. Jeon¹, #W. C. Choi(wchoi@korea.ac.kr)², H. S. Lee³, Y. S. Cho³

¹고려대학교 기계공학과 대학원, ²고려대학교 기계공학부, ³국방과학연구소

Key words : Cannonball, Collision, Incident Angle, Ricochet

1. 서론

현재 155mm K307 포탄에 대해서 해상 발사 시험이 수행되고 있다. 고속으로 발사된 포탄은 파쇄되거나 입수 또는 도비현상이 나타날 수 있다 [1]. 이러한 현상은 포탄의 발사속도와 입사각 그리고 해수면의 상대운동에 의해 나타난다.

본 논문에서는 해수면에 대해서 입사각에 따른 포탄의 속도변화와 거동을 해석했다. 연구를 통하여 탄의 운동 현상을 예측하고 해상의 안전 거리를 확보할 수 있다. 또한 정확한 안전 구역을 설정하여 원활한 사격 시험이 이루어지도록 한다.

2. 이론적 배경

포탄이 해수면과 충돌할 때 입사각과 입사속도에 따라 항력이 발생하게 된다. 이 항력이 포탄의 자중과 관성력의 합보다 크게 되면 포탄은 도비가 되고 그렇지 않으면 입수가 된다.

해수면과 충돌 시 포탄의 z축 방향의 힘에 따라 도비 현상이 일어나게 된다. z축 방향의 힘은 식 (1)과 같다[2].

$$F_z = -Mg + \frac{1}{2}\rho_w V^2 S_{im} (C_l \cos\alpha - C_f \sin\alpha) \quad (1)$$

여기서 ρ_w 는 물의 밀도, V 는 포탄의 초기 발사속도, S_{im} 은 수면과 접촉하는 포탄의 면적, C_l 은 양력계수, C_f 는 마찰계수, α 는 포탄과 해수면 사이의 각도이다.

포탄의 초기 발사속도와 도비 후 속도를 비교해보면 포탄의 운동 현상을 예측할 수 있다. 포탄의 축 방향에 대한 속도계수를 식 (2)에 나타내었다.

$$\eta = \left| \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right| \quad (2)$$

여기서 V_{OUT} 은 포탄의 도비 후 속도, V_{IN} 은 초기 발사속도이다.

3. 해석 및 결과

시험에 사용된 포탄은 155mm 곡사포용 K307 포탄이다. Fig. 1은 포탄의 실제 사진이다[3].

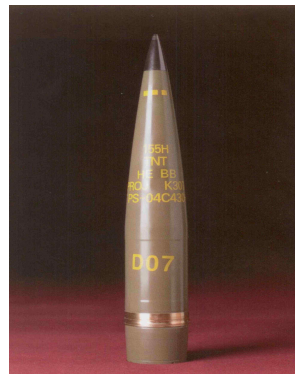
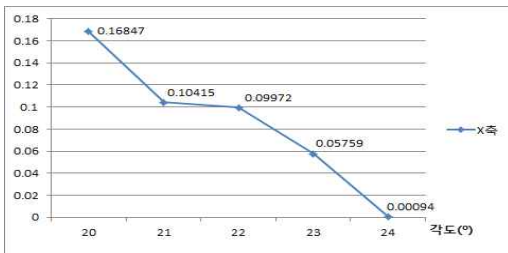


Fig. 1 K307 cannonball

해석은 ANSYS 소프트웨어를 이용하여 수행하였다. 선행 연구에 의하여 입사각이 15° 이하의 낮은 각도에서는 포탄이 도비되는 결과를 얻었다 [4]. 이번 해석에서는 입사각을 점차 증가시켜 입수 될 때의 각도를 알아보았다.

모델링한 포탄은 실제 포탄과 같은 크기로 하였다. 포탄의 초기 발사속도는 928m/s, 각속도는 125rad/s이다. Fig. 2는 포탄의 입사각에 따른 축에 대한 속도계수를 나타내었다.



(a) X axis



(b) Z axis

Fig. 2 Speed coefficients during ricocheting

여기서 X축 방향은 포탄의 진행방향이고, Z축 방향은 포탄의 수직방향이다. 입사각이 커질수록 속도계수가 줄어들었다. 속도계수가 0보다 크기 때문에 입사각이 20~24°까지는 포탄이 도비되는 결과를 얻었다. Fig. 3은 입사각이 24°일 때 포탄의 도비현상을 나타낸 그림이다.

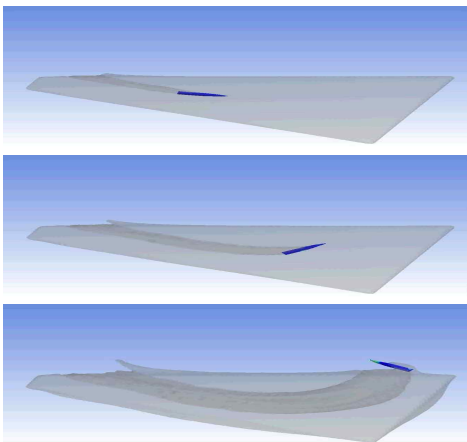


Fig. 3 Motion of cannonball at incident angle 24°

해석 결과 입사각이 25° 이상일 때는 포탄이 도비가 되지 않고 입수되었다. Fig. 4는 입사각이 25°일 때 포탄의 거동을 나타내었다.

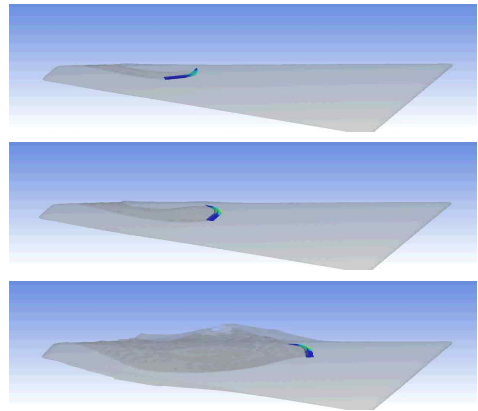


Fig. 4. Motion of cannonball at incident angle 25°

그림에서와 같이 포탄이 도비되지 않고 입수되는 결과를 확인할 수 있다. 해석상 포탄의 변형스케일을 크게 했기 때문에 그림과 같이 포탄이 휘는 현상이 나타났다.

4. 결론

포탄이 해수면과 충돌할 때 입사각에 따라서 도비 또는 입수가 된다. 이번 해석에서는 입사각에 따른 포탄의 속도계수를 구하고, 이에 따른 포탄의 거동을 분석했다. 주어진 조건에서 입사각이 25° 이상이면 도비되지 않는 것을 확인하였다.

향후 연구에서는 비슷한 조건의 포탄 발사 실험을 수행하고, 그 결과를 해석 결과와 비교할 예정이다.

후기

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

참고문헌

1. J. S. Youn, Y. H. Jung, H. S. Bang, H. S. Lee, Y. S. Cho and W. C. Choi, "Moving path analysis of a cannonball colliding onto water", AMM, Vol. 120, pp. 414-417, 2012.
2. L. Bocquet, "The physics of stone skipping", American Journal of Physics, Vol. 71, Issue. 2, pp. 150-155, 2003.
3. Information on <http://www.poongsan.co.kr>
4. W. C. Choi, H. S. Lee, Y. S. Cho, H. S. Bang, J. S. Youn and Y. H. Jung, "Stress analysis on cannonballs during collision onto sea surface", ASPEN, 2011.