

모형 실험을 통한 포탄의 이동경로 해석 Analysis of Moving Path of Cannonballs through Cannonball Experiment

*방한석¹, 김윤건¹, #최우천²

*H. S. Bang¹, Y. K. Kim¹, #W. C. Choi(wcchoi@korea.ac.kr)²

¹고려대학교 기계공학과 대학원, ²고려대학교 기계공학부

Key words : Cannonball, Ricochet, Drag coefficient, Trajectory

1. 서론

포탄이 고속, 저각으로 발사되어 유체와 충돌 후 도비를 일으킬 때 포탄의 수치해석적 이동경로와 극히 짧은 시간동안 이루어지는 충돌의 경우 실험적 항력계수 값에 대한 연구는 보고되었다. 하지만 실험적 수직방향 항력계수와 수평방향 항력계수의 값을 이용한 포탄의 수치해석적 이동경로에 대한 연구는 이루어지지 않았다[1-2].

포탄이 저각으로 발사되어 해수면과 충돌할 때 포탄이 받는 충격력은 포탄의 초기 발사 속도, 발사 각도, 발사 높이, 충돌 시 바다의 파도 각도 등에 영향을 받게 되며, 이는 포탄과 해수면이 충돌할 때 생기는 수평방향 항력계수와, 수직방향 항력계수에 영향을 주게 되어 충격력이 결정된다.

따라서 본 연구에서는 해수면과 충돌하는 강체에 대하여 실험적으로 구한 항력계수값을 대입한 수치해석 프로그램에서 사용함으로써 실제 화포 무장 수락 시험 시 발사 각도, 발사 속도, 발사 높이에 대한 도비 조건과 설정 안전 구역을 제시한다.

2. 이론적 배경 및 실험방법

발사된 포탄과 수면 충돌 시 항력이 발생하면 입사하는 포탄의 관성력과 하중의 합이 수직방향 항력보다 작을 때 도비가 발생한다.

포탄이 수면에 충돌하여 도비할 때 거동이 Fig. 1에 나타나 있고, 지배 방정식은 식 (1)로 표현한다.

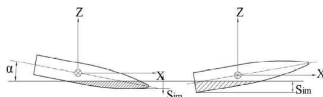


Fig. 1 Coordinate system

$$M \frac{dV_x}{dt} = -\frac{1}{2} \rho_w V^2 S_x (C_i \sin\theta + C_f \cos\theta) \quad (1)$$

$$M \frac{dV_z}{dt} = -Mg + \frac{1}{2} \rho_w V^2 S_z (C_i \sin\theta - C_f \cos\theta)$$

여기서 C_i 은 수직방향 양력계수, C_f 는 수평방향 마찰계수, ρ_w 는 해수의 밀도, V 는 초기속도, S_x 와 S_z 는 해수면에 잠긴 면적을 X축과 Z축에 각각 투영한 면적이다.[3]

실험 장치에 대한 간략도가 Fig. 2에 나타냈다. 실험은 C_i , C_f 값을 구하기 위해서 실제 K307 포탄을 축소된 모형으로 만들고 포탄의 입사각을 변화시키면서 축소된 포탄을 수조의 수면에 발사했다. 실험시 촬영한 동영상 파일을 Fig. 3과 같이 각 프레임으로 나눈 사진 데이터로부터 모형 포탄의 충돌 전 입사각, 입사속도, 충돌 후 반사각, 반사속도를 측정 및 계산하여 C_i , C_f 값을 구했고, Fig. 4-5와 같이 나타난다.

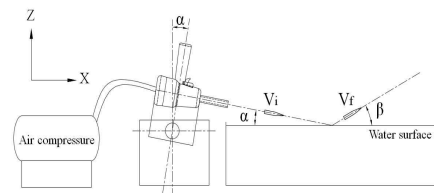


Fig. 2 Experimental setup for cannonball model test[4]

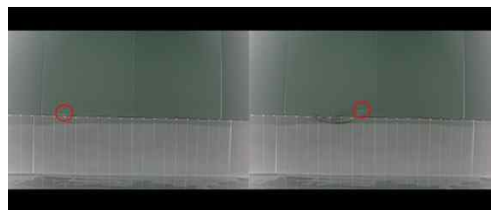


Fig. 3 Motion of K307 cannonball model (Setting launch angle=5°)

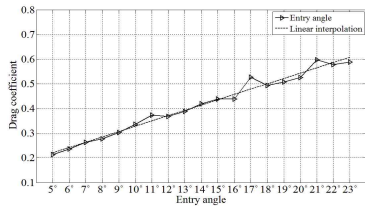


Fig. 4 Drag coefficient values of K307

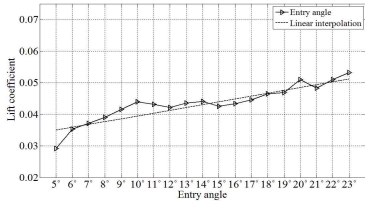


Fig. 5 Lift coefficient values of K307

Table 1 Data and initial condition of K307 cannonball

Mass of cannonball	46.4kg
Length of cannonball	928mm
Acceleration of gravity	9.81m/s
Density of sea	1030kg/m ³
Initial velocity of cannonball	850m/s

각각의 포탄에 초기 변수 값을 주고 포탄 모형 실험을 통하여 얻은 항력계수 값을 적용하여 해석한다. 해석을 실시하기 전에 총 프로그램 반복횟수, 초기 발사높이, 발사속도, 발사각도를 설정한 후 이동경로 해석을 실시한다.

K307 회전 안정탄의 도비해석을 위해 포탄 도면을 2D design을 하고, Matlab 해석을 위해 프로그램 상에서 포탄의 제원을 각 좌표별 요소로 지정하고 각 요소의 글로별 좌표는 해수면과 충돌하여 해석이 실시된다. K307 회전 안정탄의 제원과 초기 조건은 Table 1과 같다.

3. 해석결과

Table 1의 조건에 초기발사 각도를 1°, 3°로 설정하여 이동경로를 해석한 것이 Fig. 6-7이다. 해수면의 파도각을 0°로 설정하고 발사 높이를 고정하여 발사각도를 1°, 3°로 발사하면 발사각 1°에서 가장 짧은 거리를 보이며 잠겼으며, 약 10,000m까지 날아간다. 발사각이 3°일 때 약 12,000m까지 날아가면서 최소 2번에서 최대 3번의 도비가 일어났다.

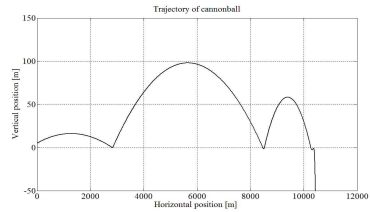


Fig. 6 Trajectory of ricocheting K307 cannonball (initial launch angle=1°, wave angle=0°)

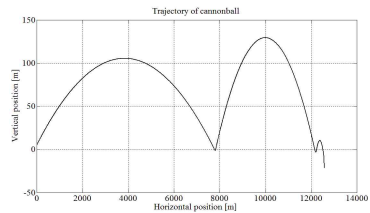


Fig. 7 Trajectory of ricocheting K307 cannonball (initial launch angle=3°, wave angle=0°)

4. 결론

초기발사 각도에 따라 수면에 입사하는 입사각이 달라지는데 초기 발사각이 클수록 입사각이 커지고 수평방향 항력계수가 커짐에 따라 도비후의 포탄의 속도가 줄어든다. 발사각이 커짐에 따라 첫 도비거리는 증가하지만 최종 도비 거리는 큰 차이를 보이지 않는다.

향후 연구에는 파도 각의 영향이 도비에 미치는 영향에 대해서 연구할 계획이다.

후기

본 연구는 국방과학연구소의 일반 기초 연구사업(ADD-10-01-06-14) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 정영훈, 윤준식, 방학석, 이해석, 조연식, 최우천, “해수면에 충돌하는 포탄의 이동경로 해석,” 한국정밀공학회지, 1155-1156, 2011.
2. 정성민, 김윤건, 최우천, 이해석, 박성호, “해수면과 고속으로 충돌하는 포탄의 항력계수에 관한 연구,” 한국정밀공학회지, 807-808, 2012.
3. L. Bocquet, “The physics of stone skipping,” 71, 150~155, 2003.
4. 정성민, 김윤건, 최우천, 이해석, 조연식, “수면과 충돌하는 포탄의 항력계수에 관한 실험적 연구,” 한국정밀공학회지, 949-950, 2012.