Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 29, No. 4, pp. 180-183, August 2014
Copyright@2014 by The Korean Society of Safety (pISSN 1738-3803) *All right reserved.*
http://dx.doi.org/10.14346/JKOSOS.2014.29.4.180

유도탄 사출시 비산물로 인한 인체 안전과 영향성에 관한 연구

정성학† · 윤효석

국방과학연구소

(2014. 5. 17. 접수 / 2014. 7. 16. 채택)

A Study of the Human Body Safety and Effectiveness for Scattering Objects on Missile Ejection Round

Sung-Hak Chung† · Hyo-Suk Yun

Agency for Defense Development

(Received May 17, 2014 / Accepted July 16, 2014)

Abstract : The purpose of this study is to assess for scattering object for the missile ejection round due to analysis of the human body effectiveness safely. To achieve this goal the measurement method of scattering objects by comparative 2 measurement methods studied, the risk of scattering of the object is evaluated. Result of this study, applied in Europe and Japan, based on the safety criteria for the human body effectiveness when missile ejection round. data showed is not effectiveness to the operator's body safely. Data showed that satisfies the safety criteria for missile ejection round in Europe and Japan through the similarity for the case studies. In case of these safety criteria does not exist regulation in South Korea, this study will be referred as guidelines are considered.

Key Words : missile ejection round, human body safety and effectiveness, scattering objects

1. 서 론

유도탄 사출시 비산물에 의한 피해는 비산물의 비산 경로에 인체의 일부가 노출되어 영구적인 관통상과 비관통상이 발생한다. 비관통상은 인체의 체표면에 비산물이 충돌하여 피부조직이 순간적으로 팽창 및 부풀어 오름이 발생한다[1-2]. 관통상이란 피부와 기저조직이 관통되는 현상을 말하며, 비산물이 가지는 속도와 각속도 등의 인자에 의해 발생하는 인체손상이나 부가적인 위해가 생성되는 것으로 알려져 있다. 또한 비산물의 종류, 속도, 각속도, 관통각도 등에 따라 비산물이 관통 혹은 인체손상을 일으키는 것으로 비산물의 형상과 재료의 특징에 따라 인체에 다양한 손상을 주는 것으로 보고되어 있다[3-6].

비산물로 인한 인체 영향성은 해석하기가 매우 어렵다. 왜냐하면, 매우 짧은 시간동안 비산하는 파편들의 고에너지로 인해서 초기조건이 불명확하며, 비선형 궤적의 모델링이다. 특히 비산물의 에너지 스펙트럼과 비산 궤적 분석을 통한 인체 내부에 위치하고 있는 장기와 뼈 등의 영향성은 장기 손상 정도를 정확하게 판단하는 정보가 필요하기 때문이다. 이렇게 부족한 정보에도 불구하고 인체 손상을 해석하는 이유는 비산물에 의해서 운용자의 안전과 생존성에 큰 영향을 미치기 때문에 인체 손상을 예측하고 운용자의 안전 유무를 파악하여 설계반영에 적용하기 위하여 안전 기준 연구를 수행하게 되었다. 본 연구의 비산물이라 함은 보병이 운용하는 유도탄의 경우, 운용시 먼지나 빗물 등의 이물질이 입하 되는데, 이를 방지하기 위하여 고무마개로 사출구를 막게 된다. 본 연구는 화염이나 후폭풍, 충격소음, 주변 환경 부유물에 대한 2차 간섭현상 등의 기타 영향인자들은 배제하고, 유도탄 사출시 비산물에 의한 인체 영향성으로 한정하여 분석하였다.

2. 비산물의 계측 기법

비산물을 계측하는 시험기법은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 우선, 도플러 레이더(Doppler Radar)를 이용하는 계측 기법이 있으며, 다른 하나의 기법은 적외

† Corresponding Author : SungHak Chung, Tel : +82-42-821-0562, E-mail : shc@add.re.kr
Agency for Defense Development, P. O. Box 35, Yuseong-gu, DeaJeon 350-600, Korea

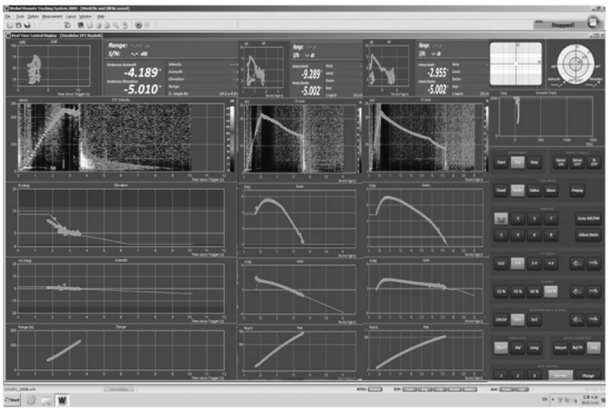


Fig. 1. Case study of the doppler radar utilized.

선 영상 촬영장치와 고속카메라를 이용하는 계측 기법이 있다. 첫째, 도플러 레이더를 이용하는 계측 기법은 트렉킹(Tracking Rader)을 사용한다. 대표적인 장비로는 MSL-60034i가 있으며, 사용주파수는 10.535 GHz이다. 이때 안테나의 출력은 60 Watt이며, 송신전력범위는 3dB, 10 deg × 10 deg이다. 다음의 그림 1은 도플러 레이더를 활용하는 사례이다.

둘째, 적외선 영상 촬영장치와 고속카메라를 이용하는 계측 기법으로 적외선 복사 Planck 법칙을 활용한 측정기법으로 적외선 열상 카메라를 이용한다[7]. FLIR SC - 7000은 촬영속도 100 frame/sec, 해상도가 640×512 픽셀로 20 mK 이내의 고감도 디텍터를 사용하여 비산물의 정밀한 온도차 정보를 계측할 수 있다. 유도탄 사출시 트리거 이용한 동기화를 통하여 이미지와 함께 세 개의 외부 동기 신호를 함께 얻을 수 있도록 운용 환경을 설계하였으며, 외부 센서의 고속카메라 측정 이미지를 데이터에 포함 시킬 수 있도록 하였다. 적외선 영상 촬영 시 윈도우의 크기와 위치는 640×512 범위 내에서 조절이 가능하며 최고 65,000 Hz의 속도로 열화상 측정이 가능하다. 또한, 용도에 맞게 적용하고자 광학장치의 경로를 원하는 대로 설정할 수 있으며, 50 mm, 100 mm Focal length 렌즈를 이용하는 방법이 있다[8-11]. 다음의 그림 2는 FLIR SC - 7000 시스템을 활용하는 사례이다.

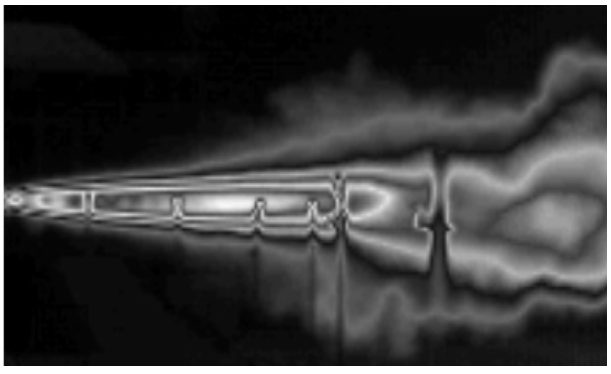
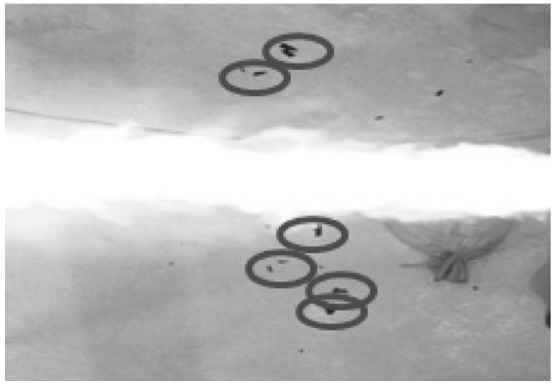


Fig. 2. Case study of the FLIR SC – 7000 utilized.

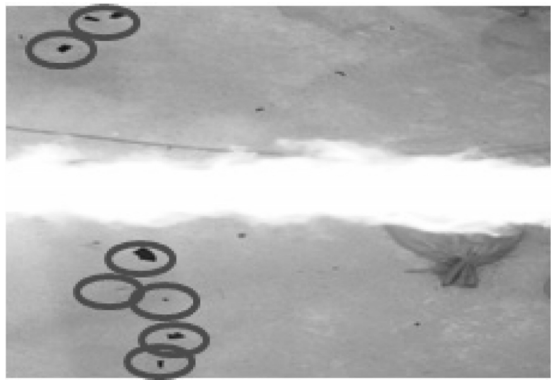
3. 비산물의 계측 기법 비교 및 인체의 영향

적외선 영상장치와 고속카메라를 통하여 유도탄 사출시 비산물의 이동거리와 시간 및 온도차을 산출하여 다음의 비산조건을 가정하여 인체의 영향성을 분석하였다. 유도탄 사출시 비산물이 흩어지는 형상은 다음의 그림 3과 같다. 그림 3의 (a) 비산물이 50 cm 비산,

(a) When objects scattering 50cm



(b) When objects scattering 1m



(c) When objects scattering 1.5m

Fig. 3. Case study of the high speed camera utilized.

(b) 비산물이 1 m 비산, (c) 비산물이 1.5 m 비산 시의 그림이다.

유도탄 사출시 비산물은 30도 각도로 3 m를 비산하고, 동시에 45도 각도로 1 m를 날아서 흩어지도록 가정 하였다. 유사체계 연구사례를 기반으로 비산물의 비산각도와 거리를 검토하였다. 이때, 30도 각도에서 비산물의 속도는 214 m/s이며, 45도 1 m 비산물의 속도는 71.4 m/s로 원심도 형상으로 비산하도록 하였다. 비산물의 질량[g]과 면적[cm^2]에 따라 다음의 표 1에서와 같이 5개의 형상별로 비산하도록 실험설계를 수행하였다. 5회 평균의 질량과 면적을 기준치로 적용하여 운동에너지[J]를 산출하였다.

또한 다음의 표 2에서는 에너지 밀도[J/cm^2]를 산출한 결과이다. 비산물의 운동에너지와 에너지밀도의 영향에 따라 인체 영향의 기준 자료를 분석하였다. 일본의 방위기술협회의 자료에 의하면, 피부에 손상을 주기 위한 1 cm² 당(구경 11.3 mm에 해당) 탄환 에너지는 대인(사람을 상대로)은 2.6 kg × m (=25.5 J) 이상, 대마(말을 상대로)는 10.0 kg × m (=98 J) 이상으로 제시하였다. 뼈에 손상을 주기 위해 필요한 총 탄환 에너지는 대인의 경우, 6.0 kg × m (=58.8 J) 이상이며, 대마의 경우, 17.0 kg × m (=166.6 J) 이상이다. 뼈를 완전히 부수는 철저한 효과를 주기 위해 필요한 총 탄환 에너지는 대인의 경우, 20.0 kg × m (=196 J) 이상이며, 대마의 경우 35.0 kg × m (=343 J) 이상으로 제시하고 있다. 또한, 인원 살상기준으로 피부에 손상을 주는 에너지는 2.6 kg × m (= 25.5 J) 이상이며, 뼈에 손상을 주는 에너지는 6 kg × m (= 58.8 J) 이상이고, 전투 능력을 잃게 하는 에너지는 8 kg × m (= 78.4 J) 이상이며, 뼈를 완전히 부수는 철저한 효과를 주는 에너지는 20 kg × m (=196 J) 이상으로 제시한 바 있다. 또한, 비산물에 의한 인체 영향을 국제 생체역학 상해 연구위원회에서 제시한 결과는 다음의 표 3에서와 같다[12-13].

Table 1. Movement energy of the kinetic energy, mass, and areas by scattering features

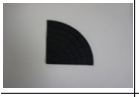
Feature	Mass m [g]	Area A [cm^2]	Movement Energy E [J]	
			30° 3m	45° 1m
	5.2	29	119.39	13.27
	2.6	14.6	59.69	6.63
	1.6	8.9	36.74	4.082
	1.0	5.7	22.959	2.55
	1.6	8.5	36.74	4.082

Table 2. Movement energy of the energy density, mass, and areas by scattering features

Feature	Mass m [g]	Area A [cm^2]	Energy Density ED [J/cm^2]	
			30° 3m	45° 1m
	5.2	29	4.12	0.457
	2.6	14.6	4.09	0.454
	1.6	8.9	4.13	0.459
	1.0	5.7	4.03	0.448
	1.6	8.5	4.32	0.48

벨기에 육군사관학교 Alexandre Papy et al.(2012)의 연구에 의하면, 비산물에 의한 인체 안전과 영향성을 분석하고, 위 표 3에 제시된 값들을 실험을 통하여 증명하고 NATO 표준으로 제안한 바 있다[13]. 인체 부위별 피부침투 50 %tile 위험치에 대하여 30도 3 m의 경우 10.83에서 18.01% 기준치에 미약한 수준이었으며, 45도 1 m의 경우 1.20에서 2.00%로 현저히 낮은 수준으로 나타났다. 다음의 표 4는 인체 부위별 위험 한계치에 대한 비율을 정리한 것이다.

Table 3. Risk value for 50 percentiles skin penetration of human body regions

Part of the Human Body	Energy Density ED50 (J/cm²)
On Anterior Rib	23.99
Between Anterior Rib	33.30
Liver	39.88
Lateral to Umbilicus	34.34
Proximal Femur	26.13
Distal Femur	28.13

Table 4. Risk criteria for the proportion of human body regions

Risk Criteria of the Part for the Human Body		Proportion of the 30° 3m's Max	Proportion of the 45° 1m Max
On Anterior Rib	23.99	18.01%	2.00%
Between Anterior Rib	33.30	12.97%	1.44%
Liver	39.88	10.83%	1.20%
Lateral to Umbilicus	34.34	12.58%	1.40%
Proximal Femur	26.13	16.53%	1.84%

4. 결론 및 고찰

본 연구는 유도탄 사출시 그 비산물로 인한 인체 영향성을 분석하였다. 비산물의 2 가지 계측 방법 중에서 적외선 영상과 고속카메라 영상분석을 통하여 비산물의 각도별 운동에너지 및 에너지 밀도를 산출한 결과, 유럽과 일본에서 적용하고 있는 인체 영향 기준과 비교해 볼 때, 인체 부위별 피부침투 50%tile 위험치에 대하여 30도 3 m의 경우 10.83에서 18.01% 기준치에 미약한 수준이었으며, 45도 1 m의 경우 1.20에서 2.00%로 현저히 낮은 수준으로 인체에는 영향이 없을 것으로 판단된다. 또한, 비산물의 비산각도는 45도이하의 범위내에 있었으며, 대부분이 30도 이내임을 실험을 통하여 확인하였다. 비산물이 인체 부위에 충돌하였을 때 위해성 기준에 미치지 못하며, 이러한 측정결과는 안전한 운용기준을 만족하는 것으로 향후 유럽에서의 연구 사례와 함께 비산물의 안전 기준 적용에 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

References

1) A. B. Cynthia, J. S. Shelby and W. Marianne, “Skin Penetration Assessment of Less Lethal Kinetic Energy Munitions”, J. Forensic Sci, Vol. 50, No. 6, 2005.
2) S. B. Segletes, “Modeling the Penetration Behavior of Rigid into Ballstic Gelatin”, ARL_TR_4393, Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD 21005-5069, pp.1-36, 2000.
3) L. M. Sturdivan, “A mathematical Model of Penetration of Chunky Projectiles in a Gelatin Tissue Simulation”, U.S Army ARDEC Picatinny Arsenal NJ report in progress, 2000.
4) I. Sheldon, “Analyzing Viscoelastic Material”, Ansys Advantage, Vol, 2, pp.45-47, 2008.
5) V. J. M. DiMaio, “Penetration and Perforation of Skin by Bullets and Missiles. A Review of the literature”, Am J Forensic Med Pathol Vol. 2, No. 2, pp.107-110, 1981.
6) D. C. Cronin, “Material Properties for Numerical Simulations for Human, Ballistic Soap and Gelatin,” Defence R&D Canada-Valcartier, pp.21-23, 2012.
7) D. Traian, “Doppler Processing with Ultra-wideband Impulse Radar”, ARL-TN-0529, Army Research Laboratory Adelphi, MD 20783-1197, pp.1-28, 2013.
8) FLIR Web http://www.flir.com
9) F. Andrew, “The Army’s Ground Combat Vehicle (GCV) Program: Background and Issues for Congress”, US Congressional Research Service, CRS Report for Congress, R41597, pp.14-15, 2013.
10) H. Shekarforoush and R. Chellappa, “A Multi-Fractal Formalism for Stabilization, Object Detection and Tracking in Flir Sequences”, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp.78-81, 2000.
11) Y. Q. Sun, J. W. Lian and J. L. Tian, “Novel Method on Dual-band Infrared Image Fusion for Dim Small Target Detection”, Opt. Eng., Vol. 46, 2007.
12) R. Cyril, N. Nestor, P. Alexandre and O. Amar, “Practical Considerations for using High-speed Camera to Measure the Dynamic Deformation During Impact of a Kinetic Energy Non-lethal Projectile on a Ballistic Simulant”, Proceedings of PASS Conference, Fourth Germany, 2012.
13) P. Alexandre, R. Cyril, N. Nestor, O. Amar and G. Julien, “Definition of a Standardized Skin Penetration Surrogate for Blunt Impacts”, IRCOBI Conference, pp.486-493, 2012.