

## 소구경 탄자의 충돌속도 추정방법 제안

유상준<sup>1\*</sup>, 김제용<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>육군사관학교 무기기계공학과

### A new method to estimate the striking velocity for small caliber projectiles

Sangjun Yoo<sup>1\*</sup> and Jeyong Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Weapons and Mechanical Engineering, Korea Military Academy

**요약** 본 논문은 MIL-STD-662F의 방호한계속도 산출을 위해 충돌속도를 추정하는 새로운 방법을 제안하였다. 기존 MIL-STD-662F의 방법은 충돌속도를 추정하기 위해 상대공기밀도, 항력계수, 형상인자, 탄도계수 등이 필요하여 기초연구가 필수적이라는 한계를 가지고 있다. 하지만 제안한 방법은 기초연구 없이도, 기기에서 측정된 속도와 측정 기기와 타격점까지 거리만으로 충돌속도를 추정할 수 있다. 이를 검증하기 위해 M193탄과 M80탄을 사용하였고, 미국의 검증된 PRODAS의 데이터를 기반으로 MIL-STD-662F 방법의 충돌속도 추정값과 제안한 방법의 충돌속도 추정 값을 비교하고 분석하였다. 실험결과에서 제안한 방법이 일부 속도구간에서는 MIL-STD-662F의 방법보다 오차가 크지만 방호한계속도 산출은 가능하였고, 대부분의 속도구간에서는 MIL-STD-662F보다 오차가 작다는 것을 보였다.

**Abstract** This paper proposes a new method to estimate the striking velocity for ballistic limit velocity in MIL-STD-662F. The method from MIL-STD-662F needs relative air density, drag coefficient, form factor, ballistic coefficient for estimating striking velocity. So precedent studies are essential. However, the new method can estimate striking velocity only using measured velocities and distance between the screen and the target. To prove new method, we compared estimation of striking velocity from both the new method and the method from MIL-STD-662F on the basis of datain PRODAS. The new method shows bigger errors in some velocity ranges. But it could still calculate ballistic limit velocity. It also shows smaller errors in most velocity ranges.

**Key Words** : Projectile, Striking velocity

### 1. 서론

위협요소로부터 개인을 보호하는 방호에 대한 관심은 군 분야와 민간분야 모두에서 나날이 높아지고 있다. 특히 소구경탄에 대한 방호성능 보유 여부는 각개전투원의 생존성과 밀접하게 연관되어 있어, 방호성능이 우수한 방탄재에 대한 연구가 활발히 이루어져왔다[1].

이러한 방탄재의 방탄성능을 측정하는 기준은 국가별 기관별로 다양하나, 많은 탄종을 포함하면서 동시에 간편한 실험 방법과 신뢰도가 높은 측정치를 얻을 수 있는 방법은 미 국방부의 MIL-STD-662F (1997)이다.

MIL-STD-662F는 탄의 종류와 방호한계속도(ballistic limit velocity)로 방호성능을 나타내며, 위의 장점을 갖기에 대표적인 방호성능평가기관인 미국 White Lab은 물론 우리나라의 국방규격(KDS 8470-0006-3, 0815-0003, 8470-1005-8) 등에서도 사용하고 있다.

이 방법에서 방호한계속도를 산출하기 위해서 충돌속도(striking velocity)를 이용한다. 충돌속도는 탄자의 타격 지점에서 정밀한 장비를 통해 측정하는 것이 가장 좋을 것이다. 하지만 탄자의 충돌과정에서 발생하는 탄자, 방탄재료의 파편과 충격으로 측정기기에 직·간접적인 영향을 준다. 따라서 장비의 안전과 신뢰성을 보장할 수 있

\*Corresponding Author : Sangjun Yoo(Korea Military Academy)

Tel: +82-2-2197-2954 email: yuksa61@kma.ac.kr

Received February 7, 2014

Revised February 24, 2014

Accepted March 6, 2014

는 거리를 이격하여 탄 속을 측정하고 이를 기초로 충돌 속도를 추정한다.

하지만 MIL-STD-662F의 충돌속도를 추정하기 위해서는 상대 공기밀도, 탄자의 형상인자(form factor), 탄도 계수(ballistic coefficient), 속도에 따른 탄자의 항력계수(drag factor) 등의 정보가 필요하기 때문에 사전 연구를 통한 기초 연구자료가 필수적이며, 기초 자료가 없이는 충돌속도를 산출 할 수 없다는 단점을 지닌다. 또한 기초 자료는 미국의 연구기관이 거의 독점하고 있어 타 국가에서는 자료획득에 어려움이 많고, 어렵게 획득한 자료도 대부분 신뢰성이 떨어진다는 한계점을 지닌다.

이러한 한계점을 보완하기 위해 이론을 살펴보면, 총에서 발사된 탄자는 총구를 떠나면서 총구 부근에서 최고속도를 가지고 각각의 속도에 따라 항력을 받아 점차 속도가 줄어들면서 비행하게 된다[2]. 결국 탄자의 비행 중 실제의 속도 감소량을 이용하면 충돌속도를 추정할 수 있을 것이라는 결론을 얻었다.

따라서 본 연구에서는 미국의 기초 연구 자료가 내장 되어 있는 PRODAS의 결과값을 기준으로, 소구경 탄에 대한 MIL-STD-662F의 충돌속도 추정값과 제안한 방법의 충돌 속도 추정값을 비교분석하고 제안한 방법의 유효성을 검증하고자 한다.

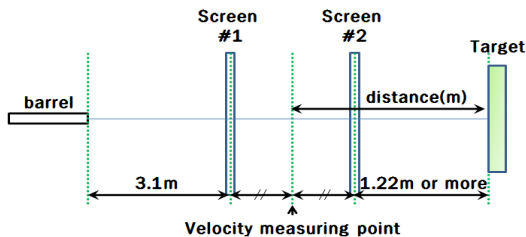
## 2. 충돌속도 추정방법

### 2.1 MIL-STD-662F 방법

#### 2.1.1 실험조건 및 충돌속도의 추정

MIL-STD-662F에서 제시되어 있는 실험 조건과 추정 방법은 아래와 같다.

실험실 내부의 온도는 23±2℃(73±4°F), 상대습도는 50±5%를 유지해야 한다. 소구경 탄자에 대한 실험 시 총구와 첫 번째 스크린 사이 간격은 3.1m (10ft)가 권장되며, 마지막 스크린과 시편(target)의 거리는 최소 122cm(4 ft)이다[3]. Fig. 1은 실험 구성도이다.



[Fig. 1] Test setting(MIL-STD-662F)

충돌속도는 다음 식 (1)과 같이 추정하고,  $V_L$ 는 기기에서 측정된 속도이며 Fig. 1의 1번 스크린에서 2번 스크린까지의 움직이는 시간을 측정하여 기기 설치 거리를 나눈 값으로 표현된다.  $V_L$ 은 속도의 손실이며 단위거리당 속도 손실  $UV_L$ 을 사용하여 식 (2)로 표현된다[3].

$$V_s = V_i - V_L \quad (1)$$

$$V_L = \frac{\rho i d^2 X G}{W} = \frac{\rho X G}{C} = X \cdot UV_L \quad (2)$$

여기서  $\rho$ 는 상대공기밀도로 실제의 공기밀도를 표준 공기밀도(1.225kg/m<sup>3</sup>)로 나눈 무차원의 값이다.  $i$ 는 탄자의 형상인자이고,  $d$ 는 탄자의 직경(단위: cm)이다. 그리고  $X$ 는 속도측정지점으로부터 타격점까지의 거리(단위: m)이며,  $C$ 는 탄도계수이다. 또한  $W$ 는 탄자의 무게(단위: kg)이며,  $G$ 는 항력함수(drag function)로 아래 식 (3)과 같다[4].

$$G = K_D \rho_{std} V_I \quad (3)$$

항력함수에서  $K_D$ 는 탄자의 속도에 대한 항력계수이며,  $\rho_{std}$ 는 표준공기밀도값으로 1.225kg/m<sup>3</sup>이다.

#### 2.1.2 충돌속도 추정방법의 한계점

충돌속도를 추정하기 위해서는 항력함수를 계산하여야 한다. 항력함수를 산출하기 위한 필요인자는 탄자의 속도별 항력계수인데, 항력계수를 정확히 측정하기 위해서는 풍동실험을 통하여 실험적으로 구하는 방법이 유일하다. 이는 사용하는 탄자의 형상이 달라질 때마다 새롭게 항력계수를 구하기 위해 시간과 비용을 소비해야 하므로 경제적 측면에서 한계가 존재한다.

또한 충돌속도를 추정하기 위한 요소로 탄도계수와 형상인자가 있다. 탄도계수는 탄자의 단면밀도(sectional density)와 형상인자(form factor)의 비로 표현 가능하다. 그러나 실제 임의의 탄자에서 단면밀도를 찾아내는 것은 쉬운 편이나 형상인자( $i$ )를 도출하는 것은 쉽지 않다. 그 이유는 아래의 식 (4)처럼 형상인자 수식에 존재하는 두 가지의 항력계수 때문이다.

$$i = \frac{K_D}{K_{Dstd}} \quad (4)$$

형상인자는 실험에 사용하는 탄자의 항력계수와 표준 탄자(“G”모델)의 항력계수의 비로 표현할 수 있다. 정확

한 형상인자 값을 도출하기 위해서는 많은 실험과 자료를 통하여, 실험에 사용한 탄자와 표준탄자의 속도별 항력계수가 필요하다.

## 2.2 실측 감소량을 통한 총돌속도 추정방법

### 2.2.1 이론적 배경

항력은 물체가 어떠한 매개체를 통하여 이동할 때 매개체로부터 받는 저항력 중 물체의 운동방향과 반대방향으로의 저항력 성분으로, 탄자의 항력은 풍동실험을 통하여 실험적으로 산출한다[2].

항력계수는 일반적으로 음속 근처에서 급격하게 변하며 음속 근방에서 최대값을 갖는다. 항력계수는 속도에 따라 계단 형태 혹은 임펄스 형태처럼 임의적으로 변화하는 것이 아니라 비교적 일정한 형태로 증감하기에, 일정 속도구간에서는 대체적으로 예측 가능한 특징이 있다.

또한 탄자는 포구 근방에서 최고속도를 가지고 이후는 지속적으로 항력에 의해 감속되면서 비행하게 된다.

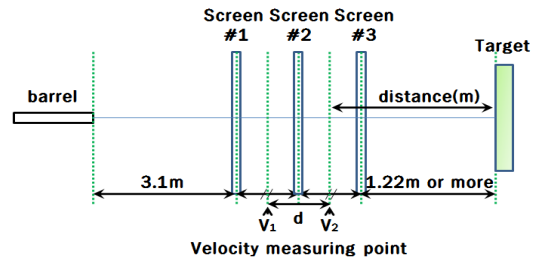
### 2.2.2 실측 감소량을 통한 총돌속도 추정방법

위의 이론적 배경을 정리하면 탄자가 비행하는 동안 항력계수가 큰 구간에서는 속도 감소량이 클 것이고, 항력계수가 작은 구간에서는 속도 감소량이 작을 것이다. 이는 탄속 측정지점과 타격점 사이의 거리가 비교적 멀지 않다면, 실측 감소량을 이용하여 총돌속도를 추정할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다.

이를 위한 실험구성은 MIL-STD-662F에서와 같이 스크린을 두 개 사용하는 것이 아니라, Fig. 2와 같이 세 개를 배치하여 탄자의 속도를 두 번 측정한다. 탄자가 스크린 1번과 2번 사이를 통과하면서 측정된 속도를  $V_1$ 이라 하고, 2번 스크린과 3번 스크린 사이를 통과하면서 측정된 속도를  $V_2$ 라 할 때 총돌속도( $V_s$ )를 산출하는 방법을 아래와 같이 제안한다.

$$V_s = V_2 - X \cdot V_{Loss} = V_2 - X \cdot (V_1 - V_2) / d \quad (8)$$

여기서  $X$ 는  $V_2$  측정지점에서부터 타격점까지의 거리(단위: m)이며,  $d$ 는  $V_1$  측정지점에서부터  $V_2$  측정지점까지의 거리(단위: m)이고,  $V_{Loss}$ 는 단위거리당 감속된 속도로  $V_{Loss} = (V_1 - V_2) / d$ 이다. 즉 측정지점 바로 앞에서의 속도와 비교하여 거리당 감속된 속도와 타격점까지의 거리를 곱하여 타격점에서의 속도를 추정하는 것이다. 이 방법으로 총돌속도를 추정하는 경우, 상대공기밀도나 항력계수, 형상인자, 탄도계수 등 정보 없이도 총돌속도를 추정할 수 있다.



[Fig. 2] Test setting(Proposal)

## 3. 실험결과 및 비교·분석

### 3.1 실험구성 및 방법

실험을 통하여 제안한 방법의 결과를 검증하기 위해, 항력계수별 속도구간을 설정하고 각각의 구간에 대한 1발의 유효탄에 대한 실측 데이터를 획득하였다. 탄속의 제어를 위한 방법으로 탄의 추진제량을 조절했으며, 추정값은 실측 데이터의  $V_1$ (혹은  $V_2$ )값을 기준으로 PRODAS에서 기준값을 도출하고, 이것을 기준으로 MIL-STD-662F의 총돌속도 추정값과 실측 속도 감소량을 이용한 총돌속도 추정값을 비교 및 분석하였다. 사용한 탄종은 NATO 표준탄인 M193 및 M80을 대상으로 실험을 진행하였다.

각각의 스크린 사이 간격은 1m로 하고 결과는 최종 속도측정지점으로부터 2m, 3m, 5m 거리에 있다고 가정하여 실험을 진행하였다.

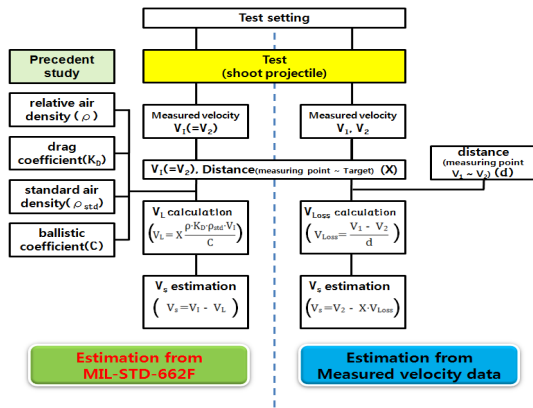
[Table 1] Velocity Range and drag coefficient

Velocity Range (m/s)	Range No.	5.56mm M193	7.62mm M80
297.5 ~ 306.0	1	0.2005	0.1450
306.0 ~ 314.5	2	0.2110	0.1500
314.5 ~ 323.0	3	0.2439	0.2075
323.0 ~ 331.5	4	0.2767	0.2650
331.5 ~ 340.0	5	0.3450	0.3400
340.0 ~ 348.5	6	0.4133	0.4150
348.5 ~ 357.0	7	0.4427	0.4360
357.0 ~ 374.0	8	0.4721	0.4570
374.0 ~ 408.0	9	0.4861	0.4550
408.0 ~ 459.0	10	0.4875	0.4300
459.1 ~ 510.0	11	0.4648	0.4080
510.0 ~ 595.0	12	0.4434	0.3860
595.0 ~ 680.0	13	0.4159	0.3570
680.0 ~ 765.0	14	0.3912	0.3300
765.0 ~ 850.0	15	0.3703	0.3110

상대공기밀도는 실험환경을 고려하여 Carvar (2000)이 Modeling한 방법에 따라 산출하고 ISA Table과 비교하여

0.96727574를 사용하였으며[5], 속도의 구간은 290 ~ 850 m/s로 설정하였다. 이유는 완성탄이 방탄재에 피해를 주려면 최소 300m/s의 속도를 가져야 하며, 완성탄도 850m/s속도를 갖는 구간은 발사한 직후가 아니면 가능성이 거의 없기 때문이다. 구간은 PRODAS에서 획득한 속도별 항력계수표를 기준으로 부여하였으며 Table 1에 제시하였다.

Fig. 3은 실험 진행 흐름과 인자를 나타낸 것이다.



[Fig. 3] Test Flow chart

### 3.2 실험결과 및 비교·분석

M193탄 M80탄에 대한 기기측정값과 MIL-STD-662F 방법(이하 662F 방법)의 단위거리당 속도 감소량  $UV_L$ , 제안한 실측 속도 감소량을 이용한 방법(이하 제안한 방법)의 단위거리당 속도감소량  $V_{Loss}$ 를 이용하여 실험결과를 보이고 분석하였다. 또한 제시된  $UV_L$ 과  $V_{Loss}$ 에 최종 측정지점과 타격점까지의 거리를 곱한 값을 기기측정값에서 감하면 추정값이 되는 것을 이용하여 결과를 분석하였다.

또한 추정속도 오차량은 PRODAS의 기준값과 각각의 방식에 따른 추정속도의 차이의 절대값으로 정의하였다. 이는 추정속도 오차량이 클수록 기준값과는 많이 떨어진 것을 의미한다.

#### 3.2.1 M193탄의 충돌속도 추정방법

M193탄을 이용한 실험결과는 Table 2와 같다.

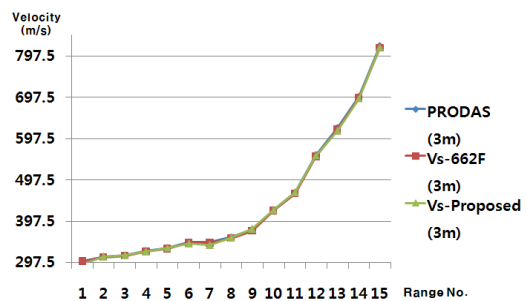
실험결과에서 제시한 차이는  $V_{Loss} - UV_L$ 을 의미한다. M193탄의 실험결과를 각각의 추정값으로 환산하여 PRODAS의 기준값과 비교하면 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다. M193탄은 3m의 경우 최대 오차는  $UV_L$  적용시 2.2285m/s,  $V_{Loss}$  적용시 3.0322m/s로 제안한 방법이 오차가 다소 크다. 하지만 이 차이는 속도측정값의 0.9%정

도이며 662F의 방법도 0.4%정도 인 것을 감안하여 분석하면, 방호한계속도에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. Fig. 4는 M193탄의 3m 충돌시 각각의 충돌속도와 추정속도를 그림으로 표현한 것이다.

[Table 2] Result data of M193

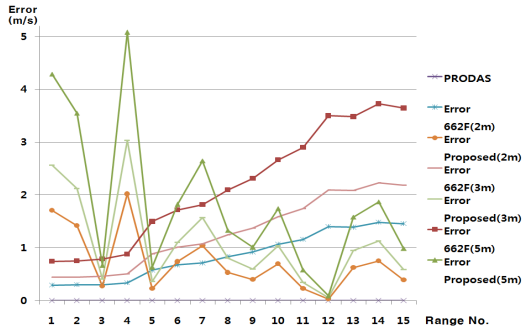
Sec No.	V1 (m/s)	VI(=V2) (m/s)	UVL (m/s/m)	VLoss (m/s/m)	difference (m/s/m)
1	299.1694	298.0593	0.4005	1.1101	0.7096
2	310.0379	309.0414	0.4370	0.9965	0.5595
3	323.1462	322.9101	0.5278	0.2361	-0.2917
4	330.2878	328.8378	0.6097	1.4500	0.8403
5	332.1584	331.5648	0.7665	0.5936	-0.1729
6	343.7474	343.5054	0.9513	0.2420	-0.7093
7	356.9867	355.7659	1.0554	1.2208	0.1654
8	371.7386	371.2504	1.1745	0.4882	-0.6863
9	382.8690	381.8853	1.2439	0.9837	-0.2602
10	428.8808	427.6680	1.3971	1.2128	-0.1843
11	485.7405	484.9278	1.5104	0.8127	-0.6977
12	585.3473	584.3297	1.7362	1.0176	-0.7186
13	642.9111	641.5037	1.7878	1.4074	-0.3804
14	730.9274	730.1335	1.9140	0.7939	-1.1201
15	783.1697	781.7615	1.9398	1.4082	-0.5316

2m, 3m, 5m시에 추정속도 오차량을 분석하면, 속도가 음속보다 낮은 구간인 구간 1 ~ 4에서는 오차의 정도가 제안한 방식이 662F방식보다 최대 4배정도 크지만, 음속 이상의 구간인 구간 8 ~ 15까지는 제안한 방법이 662F방식보다 2배 이상 오차가 적었다.



[Fig. 4] Striking velocity graph(M193, 3m)

M193의 특정 속도 구간에서 오차가 큰 것은 탄자의 특성상 낮은 속도구간에서 충분히 회전하지 못한 것으로 판단된다. 이를 그래프로 표현하면 Fig. 5와 같다.



[Fig. 5] Error graph(M193)

### 3.2.2 M80탄의 충돌속도 추정량

M80탄을 이용한 실험결과는 Table 3과 같다.

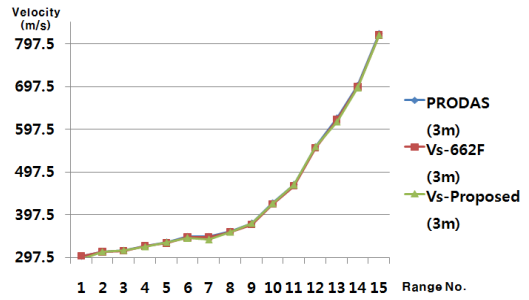
[Table 3] Result data of M80

Sec No.	V1 (m/s)	VI(=V2) (m/s)	UVL (m/s)	VLoss (m/s)	difference (m/s)
1	304.3260	301.5625	0.3685	2.7635	2.3950
2	312.0490	311.8349	0.3942	0.2141	-0.1801
3	315.1418	315.0014	0.5515	0.1404	-0.4111
4	327.2345	326.2776	0.7286	0.9569	0.2283
5	333.7812	333.7494	0.9565	0.0318	-0.9247
6	350.1753	348.3911	1.2184	1.7842	0.5658
7	352.2336	349.0432	1.2824	3.1904	1.9080
8	362.4321	361.1706	1.3909	1.2615	-0.1294
9	378.5101	378.4997	1.4516	0.0104	-1.4412
10	428.5316	427.5126	1.5491	1.0190	-0.5301
11	470.2701	469.5883	1.6145	0.6818	-0.9327
12	560.5381	559.6519	1.8204	0.8862	-0.9342
13	628.5602	625.4642	1.8816	3.0960	1.2144
14	705.2621	702.7222	1.9541	2.5399	0.5858
15	826.1476	824.4873	2.1607	1.6603	-0.5004

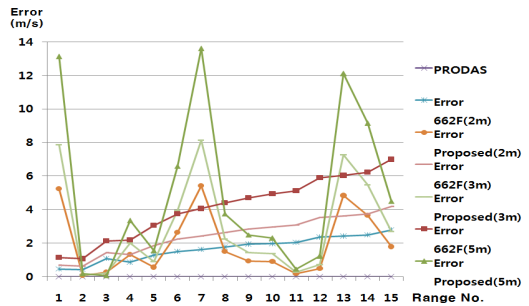
M80탄의 실험결과도 각각의 추정값으로 환산하여 PRODAS의 기준값과 비교하면 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다. M80탄은 3m의 경우 최대 오차는 UVL적용시 4.1949m/s, VLoss적용시는 8.1580m/s로 제안한 방법이 오차가 1.9배정도 크다. 하지만 이 차이는 속도추정값의 1.9%정도이며 662F의 방식도 0.7%정도 인 것을 감안하여 분석하면, 방호한계속도에 매우 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. Fig. 6는 M80탄의 3m 충돌시 각각의 충돌속도와 추정속도를 그림으로 표현한 것이다.

2m, 3m, 5m시에 추정속도 오차량을 분석하면, 일부 속도 구간인 구간 1, 4, 6, 7, 13, 14에서는 오차의 정도가 제안한 방식이 662F방식보다 최대 3배정도 크지만, 그 외의 구간에서는 제안한 방법이 662F방식보다 오차가 적었다. M80의 특정 속도 구간에서 오차가 큰 것은 속도가

낮은 1구간에서는 충분한 회전을 얻지 못하였을 것으로 판단되며, 음속구간인 4, 6, 7구간에서는 회전 및 큰 항력으로 인해 기기 측정값 차이가 큰 것으로 판단된다. 또한 속도가 높은 13, 14구간은 빠른 탄 속도로 기기 측정값의 오차가 큰 오차를 발생시켰을 것으로 판단된다. 이를 그래프로 표현하면 Fig. 7와 같다.



[Fig. 6] Striking velocity graph(M80, 3m)



[Fig. 7] Error graph(M80)

제안한 방법이 662F의 방법보다 일부 속도 구간에서 산술적인 오차는 클 수 있으나 대부분의 속도 구간에서 산술적인 오차가 적다. 그리고 충돌속도 그래프에서 현격한 차이를 나타내지 않는다는 사실을 고려하면 제안한 방법과 662F의 방법은 방호한계속도를 산출하는 자료로 적합하다는 결론을 얻을 수 있다.

## 3. 결론

본 논문에서는 MIL-STD-662F 방식의 충돌속도 추정의 한계점을 보완하여 상대공기밀도나 탄자의 속도별 항력계수, 형상인자, 탄도계수 등의 기초 연구자료 없이, 실측 속도 감소량만을 이용하여 충돌속도를 추정하는 방법을 제안하고 검증하였다. 이 방법은 실측 데이터를 기반으로 속도 감소량을 이용하기에 일정수준 이상의 장비

정밀도와 실험실 환경만 갖춘다면 손쉽게 충돌속도를 예측할 수 있다는 장점이 있다. 실험결과 일부 속도구간에서 MIL-STD-662F에서 충돌속도 추정방법보다는 다소 큰 오차가 발생하나 대부분의 구간에서 보다 작은 오차를 가지며, 오차수준이 방호한계속도에 큰 영향을 주지 못하는 수준인 것을 검증하였다.

제안한 방법을 방탄재의 방호한계성능평가에 사용할 경우 기기 측정값을 직접적으로 이용할 수 있기에, 방탄재의 설계개발실험의 주기를 특별한 준비 없이 빠르게 할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 더 정밀한 장비가 개발되면 제안한 방법의 정밀도 및 정확도도 올라갈 것이 분명하다. 그리고 이를 학문적으로 조금 더 발전시키면 MIL-STD-662F를 근간으로 하는 우리나라의 많은 국방규격을 현실과 상황에 맞게 발전시킬 수 있을 것이다. 적용하자면 북한군이 사용하는 5.45 mm 7N6, 7N10탄에 대해서 방탄헬멧의 방호한계시험이 필요할 경우 기초 연구없이 손쉽게 방호한계시험을 할 수 있다. 그리고 우리나라에서 개발된 많은 방탄재에 대한 방호한계를 손쉽게 시험하여 예측하고, 이를 바탕으로 방호성능검증에 관련된 시간적, 경제적인 비용을 획기적으로 줄일 수 있을 것이다.

추가적으로 실측 속도 감소량을 이용한 충돌속도 추정값에 대한 더 많은 소구경 탄종에 대한 검증을 하고, 각 탄종별 많은 실험과 실측 데이터를 기반으로 확률적 분포와 통계적으로 제시한 방법을 보완한다면 MIL-STD-662F에서 제시한 방법보다 더욱 간편하고 신뢰성 높은 충돌속도를 추정할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 실측 충돌속도 데이터와 비교를 위해 장비와 기술을 습득하고 실측 데이터의 신뢰성을 높일 수 있는 방법을 연구한다면 본 연구에서 제안한 방법은 더욱 발전할 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 일정 속도구간을 설정하고, 다양한 탄종에 대한 확률적 분포를 구하고 실측 데이터의 신뢰성을 분석하는 연구가 이루어져야 한다.

## References

- [1] Y. Kim, M. Y. Lim, Development situation of Protective materials, Defense & Technology, 390, 76-85, 2011
- [2] S. G. Lee, B. K. Lee, D. Y. Chung, G. I. Kim, Weapons Engineering, 199-201, Cheong Moon Gak Publishing, 2012
- [3] United States of America Department of Defense, MIL-STD-662F: Department of Defense Test Method Standard V<sub>50</sub> Ballistic Test for Amor, 1997
- [4] U.S. Army Test and Evaluation Command, Projectile

Velocity Measurements, Test Operation Procedure 4-2-805, 1982

- [5] M. Cavcar, The International Standard Atmosphere (ISA), Anadolu University, 2000

### 유 상 준(Sangjun Yoo)

[정회원]



- 2005년 3월 : 육군사관학교 기계공학과 (기계공학학사)
- 2010년 2월 : 한국과학기술원 로봇공학 (로봇공학석사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : 육군사관학교 무기공학강사

<관심분야>

로봇공학, 무기공학

### 김 제 용(Jeyong Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (산업공학학사)
- 2012년 2월 : 서울대학교 산업공학과 (산업공학석사)
- 2012년 6월 ~ 현재 : 육군사관학교 무기공학강사

<관심분야>

시스템공학, 인간공학