

## 5.56밀리 소화기탄 탄자 코어 재질 변경에 따른 동심탄의 탄도호환성 분석

고용신<sup>\*,1)</sup> · 박용덕<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 국방기술품질원 대전센터 탄약2팀

<sup>2)</sup> (주)풍산 부산사업장 품질보증팀

### Ballistic Match Analysis for 5.56 MM Bullet with New Copper Core Material

Yongsin Ko<sup>\*,1)</sup> · Yongdeok Park<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *The 2nd Ammunition Team, Daejeon Center, Defense Agency for Technology and Quality, Korea*

<sup>2)</sup> *Quality Assurance Team, Poongsan corporation Busan Plant, Korea*

(Received 18 March 2016 / Revised 25 July 2016 / Accepted 4 November 2016)

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to inspect ballistic match of copper bullet at 4 points by analyzing vertical deviation about shot group of the 5.56 mm common bullets and copper bullets. The 5.56 mm bullet with new copper core material was developed for mitigation of environmental pollution and harmfulness to human body. The results of this study are as follows; using the regression analysis, estimated reference value of ballistic match were 51.6 mm, 64.9 mm, 87.3 mm and 99.6 mm at 25 m, 100 m, 200 m and 250 m range respectively. When analyzing the shooting test data, alternative hypothesis(The vertical deviations are less than the reference value) was adopted as the result of analyzing data using t-test. And the values of data through tool(PRODAS) and standard trajectory equation meet requirements of estimated ballistic match respectively. In conclusion, the level of ballistic match of 5.56 mm copper bullets meets the estimated reference level through regression analysis at 4 points.

Key Words : 5.56 mm Copper Core Bullet(5.56밀리 동심탄자), Ballistic Match(탄도호환성)

#### 기 호 설 명

KM193 : 5.56 mm 보통탄

K100 : 5.56 mm 신형보통탄

KM80 : 7.62 mm 보통탄

#### 1. 서 론

최근 소화기용 탄의 탄자는 소화기의 종류, 사용목적 및 특성(관통능력, 파편 특성, 유효사거리 등) 등에 따

\* Corresponding author, E-mail: kys3002@dtq.re.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

라 매우 다양하게 개발되어 사용되고 있다. 그러나 대부분의 소화기탄 탄자 코어에는 납이 사용되며, 납은 자연생태계의 연쇄적 파괴 및 오염을 일으키는 원인 중 하나로 꼽힌다. 일례로 '14년 4월 공군에서는 유해환경 작업장 근무자 특수검진을 수행한 결과, 김해 실내사격장 관리 담당자의 혈액에서 납이 기준치 이상으로 발견되어 김해를 비롯한 8개 실내사격장을 모두 잠정 폐쇄 조치한 사례가 있다. 이러한 납의 유해성으로 인해 국내·외에서 탄자의 납(Lead) 성분을 대체할 수 있는 새로운 소재개발의 필요성이 지속적으로 제기되었고, 그에 따라 관련 연구 및 기술개발이 현재 진행되고 있다.

국내·외에서 수행된 기초연구 및 실용 특허기술 개발의 예를 살펴보면, 국방과학연구소에서 납(Pb)탄자 코어(Core)의 대체소재로 나노 텅스텐-구리 복합분말을 개발하였으며, 미국의 나드카르니 애널 브이(대한민국, 출원번호 : 10-1998-0701874호) 등에 의한 구리 혹은 구리합금(청동, 황동 및 분산물 강화구리)의 분말을 압축성형 및 소결을 통하여 탄자로 제조하는 기술 등이 보고되어 있으나 군수분야에서 이에 대한 실용화는 미흡한 실정이다<sup>1)~3)</sup>.

따라서 본 연구에서는 인체 유해성과 환경오염 위해요소를 경감시킬 목적으로 종래 5.56 mm 보통탄(KM193)의 납(Pb) 탄자를 구리(Cu) 소재로 대체하여 제작한 동심탄이 군에서 사용되는 5.56 mm 보통탄과 비교했을 때 일정 기준 이상의 탄도호환성 수준을 만족하는지 여부를 확인하고자 하였다. 확인방법으로 실제 사격시험 진행 후 얻어진 데이터 값을 이용한 가설검정과, 탄도분석 프로그램(PRODAS) 및 표준탄도 방정식을 통하여 얻은 데이터 값을 기준 값과 비교분석하는 방법을 사용하였다.

## 2. 납 대체 동심탄 제원

국내 소구경탄 전문 생산업체인 ㈜풍산에서는 서론에 언급한 납 오염 등의 방지를 위하여 5.56 mm 보통탄(KM193) 탄자에 충진되어 있는 납을 구리소재로 대체한 5.56 mm 동심탄을 자체개발하였으며, 본 연구에서는 해당 업체와 함께 수행한 시험 데이터 및 시물레이션 결과를 활용하였다.

소구경탄은 사격 시 탄자에 총열의 강선을 따라 회전력이 가해지며 이는 탄자의 대기비행 시 안정을 유지하는데 영향을 준다<sup>4)</sup>. 현재 군에서 5.56 mm 보통탄

이 사용되는 총기는 M16A1, K1A, K2로 총기별 강선 회전율은 K2가 1 turn in 7.3", 그 외 1 turn in 12"으로 각각 상이하다.

동심탄자 설계 시에는 군에서 운용중인 모든 총기(M16A1, K1A, K2)에 탄이 호환될 수 있도록 회전안정성이 최우선적으로 고려되었으며, 회전안정성은 5.56 mm 신형 보통탄(K100)의 국방규격을 참고하여 25 m 사거리에서 15° 미만의 편주각(Yaw Angle, 탄자의 운동 방향과 탄자의 대칭축이 이루는 각)이 발생하는 것을 기준으로 하였다. 회전안정성을 만족하고 코어 재질 변경에 따른 중량손실을 최소화 하는 범위에서 실험을 통하여 탄자의 길이 및 중량이 결정되었다. 그에 따른 결과로 탄자의 길이는 기준탄 대비 약 8.6 % 증가하였고, 탄자의 중량은 약 3.2 g으로 9.8 % 가량 감소하였다.

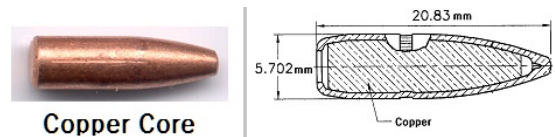


Fig. 1. Structure of the 5.56 mm copper core bullet

## 3. 탄도호환성 시험 기준 값 산출

### 3.1 탄도호환성 시험 정의

탄도호환성 시험은 각 탄종별 탄착군 중심을 비교하기 위하여 수행하는 시험으로, 기준탄 발사 시 탄자의 비행이 보여주는 탄도곡선과, 시험탄 발사 시 탄자가 보이는 탄도곡선을 비교하여 의미있는 지점(소요군의 통상적인 사격지점)에서의 탄자 간 수직 편차를 구하는 방식으로 진행된다. 본 연구에서 비교할 탄은 5.56 mm 보통탄(기준탄, 기존 군 운용탄)과 5.56 mm 동심탄(시험탄, 탄자 코어 재질 대체탄)이다.

### 3.2 기준 값 산출

#### 3.2.1 참고 기준

금년도(2016년) 기준으로 확정되어있는 소구경탄 탄약류(구경 5.56 mm, 7.62 mm, 12.7 mm)의 국방규격에는 탄도호환성 시험이 포함되어있지 않으나, 시험대상과 동일한 구경의 이중탄인 5.56 mm 신형 보통탄(K100)의 '04년 12월 국방규격 개정판에는 550 m의 지점에서 탄도호환성의 기준이 “시료탄의 탄착중심점은 참

조탄의 탄착중심점 보다 수직방향에서 위 또는 아래로 275 mm 이상 벌어져서는 안 된다.” 라고 명기되어 있었다.<sup>[5]</sup> 또한 7.62 mm 보통탄(KM80)의 국방규격 중 정확도 시험항목에는 사격장의 거리가 550 m 보다 짧은 경우 정확도 계산을 위한 550 m 기준 값을 거리별 (183 m, 274 m, 366 m, 457 m)로 보정할 수 있는 환산계수가 각각 3.2, 2.13, 1.6, 1.28로 명기되어 있다<sup>[6]</sup>.

따라서 현재 국방규격 상에는 요구되는 탄도호환성 기준이 없으므로 이번 연구에서는 위 두 개의 규격을 활용하여 소요군의 통상적인 사격지점인 25 m, 100 m, 200 m, 250 m에서의 탄도호환성 기준을 산출하였다.

이를 위해 7.62 mm 보통탄 규격의 정확도 시험 시 사격장 거리를 보정하는 환산계수를 회귀분석 하여 사격지점별 계수를 계산하고, 이렇게 계산된 계수를 5.56 mm 신형보통탄(K100)의 과거 국방규격 상 탄도호환성 기준(550 m 지점)에 적용하는 방법을 사용하였다.

3.2.2 사격지점 보정 환산계수 계산

25 m, 100 m, 200 m, 250 m 지점에서의 환산계수를 계산하기 위한 방정식은 183 m, 274 m, 366 m, 457 m, 550 m 지점에서 명기된 계수(3.2, 2.13, 1.6, 1.28, 1)값에 대해 Excel의 다항식 회귀분석 기능을 Fig. 2와 같이 이용하여 다음 식으로 구하였으며, 25 m, 100 m, 200 m, 250 m 지점별 환산계수는 계산결과 각각 5.32, 4.24, 3.15, 2.76로 산출되었다.

$$Y = 2E^{-5}X^2 - 0.0169X + 5.7315 \quad (1)$$

여기서 X는 거리(m), Y는 환산계수이다.

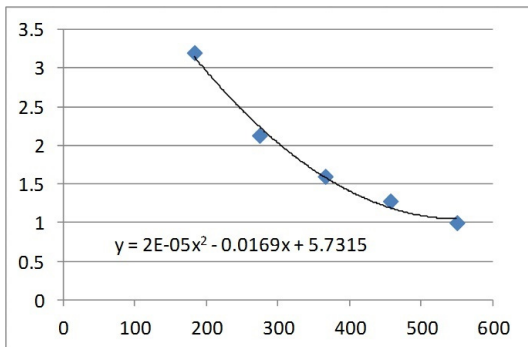


Fig. 2. Regression analysis of coefficient

3.2.3 탄도호환성 기준 값 계산

위에서 산출된 환산계수를 K100의 과거 국방규격에

명기된 550 m 지점의 탄도호환성 기준 값 275 mm에 적용하여 계산한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Fiducial value of ballistic match

	25 m	100 m	200 m	250 m	550 m
Conversion factor	5.32	4.24	3.15	2.76	1
Fiducial value(mm)	51.6	64.9	87.3	99.6	275

4. 실 사격 비교시험 및 탄도데이터 분석

4.1 실 사격 비교시험

4.1.1 시험 준비

이번 연구에서는 탄착군 중심의 평균을 계산하지 않고, 각 탄착점간의 편차를 계산하여 얻은 모든 데이터를 독립된 값으로 사용하였다.

시험에 들어가기 전 총기로 인한 오차를 최소로 줄이기 위하여 총기거치대는 견고한 구조물 위에 설치하였다. 또한 탄자의 비행은 야외 사격장에서 풍속과 풍향에 의해 크게 영향을 받으므로 횡바람의 풍속이 16 km/h 이상이거나 풍속변화가 8 km/h 일 경우에는 통상적인 사격시험이 불가하나, 본 시험은 (주)풍산 부산사업장 내부의 실내사격장에서 수행하였으므로 해당사항은 고려하지 않았다.

4.1.2 시험과정 및 표적측정

시험 시작 시 시험총기가 정확하게 표적을 조준하고 있는지를 확인하기 위하여 같은 종류의 탄으로 충분히 예비사격을 시행하였다. 예비사격 간 탄착군의 재조정이 필요할 경우 사수에게 알려 총구를 다시 조정하였다.

시험 간에는 기준탄(5.56 mm 보통탄) 사격 후 표적지를 올려 개개의 탄착점을 표시하였으며, 다음 시험탄(5.56 mm 동심탄)의 사격을 위하여 이 표적지를 최초의 위치에 맞추어 재부착 하였고, 시험탄 사격 후 표적지에는 기준탄과 구별되도록 시험탄의 탄착점을 구분 표시하였다.

사격 중 시험총기의 표면온도가 너무 뜨거워질 경우 (약 60 ℃)에는 시험절차를 준수하여 상온으로 냉각시킨 뒤 시험을 진행하였다<sup>[7]</sup>.

표적지는 소요군의 통상적인 사격지점(25 m, 100 m,

200 m, 250 m) 4곳에 설치하며 각 탄종 당 총 90발씩 사격하였고, 사격지는 탄착점 구별이 불가능할 시 교체하였으며 사격 종료 후 표적지들에 생긴 기준탄과 시험탄의 탄착점 수직편차를 측정하였다.

사격 후 각 지점별(25 m, 100 m, 200 m, 250 m)로 기준탄과 시험탄의 탄착점 수직편차를 측정하여 그 값을 Table 2, Table 3, Table 4, Table 5에 명기하였다.

4.2 시험결과 데이터 산출

Table 2. The absolute value of the vertical deviation (mm) of 25 meters

Attempt times		
1~30	31~60	61~90
6	5	6
7	3	5
6	10	4
11	2	2
10	2	7
3	9	8
22	7	16
10	0	18
7	8	15
23	3	8
8	3	10
7	3	17
10	4	12
7	6	12
10	4	9
14	18	10
16	9	4
8	6	2
6	13	12
10	10	8
9	9	4
5	5	7
15	7	1
12	18	10
16	8	9
18	5	5
16	2	20
13	10	9
12	6	2
0	3	5

Table 3. The absolute value of the vertical deviation (mm) of 100 meters

Attempt times		
1~30	31~60	61~90
33	32	48
28	17	18
17	10	11
54	27	64
32	31	31
13	4	24
100	20	143
72	4	61
67	7	9
50	2	136
27	23	42
15	23	30
59	119	40
13	10	15
11	15	63
54	36	127
51	12	4
24	23	18
61	111	40
3	46	16
18	38	25
49	58	13
36	62	30
5	52	80
64	1	28
66	10	31
55	1	21
23	0	24
37	12	22
1	26	13

Table 4. The absolute value of the vertical deviation (mm) of 200 meters

Attempt times		
1~30	31~60	61~90
158	311	175
79	25	89
84	49	110
34	13	115
36	49	114
35	47	105
39	3	98
6	16	45
18	0	16
30	1	160
14	11	115
24	22	107
30	21	82
105	55	31
8	21	346
128	256	294
84	26	238
117	27	46
103	41	32
99	48	128
103	44	22
99	69	20
93	65	2
59	74	7
62	59	2
62	71	35
89	36	50
99	52	60
91	54	48
144	68	30

Table 5. The absolute value of the vertical deviation (mm) of 250 meters

Attempt times		
1~30	31~60	61~90
153	258	79
76	71	311
21	35	288
53	84	13
13	88	20
14	92	74
9	132	2
20	119	16
9	140	1
13	119	2
6	124	107
3	87	90
4	184	101
31	60	64
44	129	107
51	183	18
22	65	277
3	89	20
10	103	32
3	149	41
15	189	66
7	25	41
20	13	54
3	21	91
3	9	44
30	21	1
21	26	16
31	85	50
24	20	85
26	228	290

4.3 단일 표본 데이터 분석

4.3.1 각 지점 평균검정

표본 데이터 분석은 통계적 의사결정방법인 가설검정을 활용하였다. 실험 데이터 값을 변수로 취급하여 변수들이 Table 1에 명기된 각 지점에서의 기준 값 이내에 드는지 여부를 유의수준 5 %에서 검정하였다. 다음은 단일표본 검정을 위한 가설이다.

- 귀무가설(H0) : 각 실험 데이터의 평균값은 기준 값 보다 크거나 같다.
- 대립가설(H1) : 각 실험 데이터의 평균값은 기준 값 보다 작다.

4.3.2 평균검정 결과

데이터 검정을 위하여 통계 계산 프로그램인 Minitab 과 eZ SPC을 이용하였다.

각 구간별 1-표본 t검정 결과는 Table 6과 같으며, 모든 구간에서 p값이 유의수준 0.05보다 작은 값으로 도출되었다. 이는 귀무가설이 참일 경우 본 측정결과가 발생할 가능성이 5 % 미만이라는 것으로, 처음 전제로 가정했던 귀무가설이 거짓일 가능성이 매우 높다는 것을 의미한다.

따라서 귀무가설(H0)을 기각하고 대립가설(H1)을 채택하며, “각 실험 데이터의 평균값은 기준 값 보다 작다.” 라고 판정한다.

Table 6. One sample t-test of variables

Variables	Data			
	25 m	100 m	200 m	250 m
Mean	8.578	35.52	69.99	67.63
Standard deviation	5.103	30.74	67.79	73.28
Standard error of the Means	0.538	3.24	7.15	7.72
95 % Upper Bound	9.472	40.91	81.87	80.47
t	-79.98	-9.07	-2.42	-4.14
p-Value	0.000	0.000	0.009	0.000

4.4 측정 데이터(수직편차)의 편차 발생원인 분석

실 사격 시험을 통하여 구한 데이터(수직편차)를 살펴보면 동일한 지점에서 시험을 진행하였음에도 불구하고

측정된 데이터 간 편차가 발생했음을 확인할 수 있다. 이는 탄약 가공 시 공차에 의한 탄자형상 및 특성의 차이, 총구속도 및 사격환경 등의 변화에 기인하여 발생한 것으로 판단된다.

미 육군 물자사령부(AMC)에서 발행한 탄자 설계 관련 자료에는 탄자중량, 총구속도, 추진제 장약량 및 추진제의 연소속도 등의 특성들이 탄도와 밀접하게 관련되어 있는 탄의 사거리에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되어 있다. 탄의 해당 특성치가 1 % 변화할 때 발생하는 오차(%)를 Table 7에 명기하였다<sup>8)</sup>. 또한 사격 시 기온 및 장약의 온도가 10 ℃ 만큼 변화할 때 7.62 mm 탄약의 경우 200 m 거리에서 평균탄착점의 상하편차가 약 10 mm 정도 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>4)</sup>.

Table 7. Problem variability of projectile characteristics

Round Variable	Projectile Error as % of Mean of Variable
Projectile Weight	0.25
Muzzle Velocity	0.25
Fuel Weight	0.50
Fuel Burning Rate	0.80

실 사격 시험 시 총열의 온도는 상온에서 약 60 ℃ 까지 증가하며 이에 따라 약실 내 장전된 탄약의 추진제 온도가 변동될 수 있다. 또한 본 시험에 사용된 탄약들의 도면상 탄자 중량 허용공차는 약 2 % 정도 범위이며, 탄의 속도는 국방규격 상 약 2.5 %의 허용 범위를 갖는다. 추진제의 장약량 또한 약 2 % 정도의 변동이 발생 가능하므로 동일한 탄을 사격 하더라도 이러한 변화 정도에 따라 편차가 발생할 수 있는 것으로 판단된다.

5. PRODAS 프로그램 이용 탄도곡선 분석

5.1 PRODAS 탄도분석 시뮬레이션

5.1.1 PRODAS 개요

PRODAS(PROjectile Design and Analysis System)는 탄자 및 로켓발사체 설계 해석을 위하여 미국의 Arrow Tech에서 개발한 프로그램이다. PRODAS는 탄도학의 기본 이론식과 실제 실험을 통하여 획득한 자료를 이

용한 경험식을 접목시켜 높은 신뢰도가 요구되는 탄도계산을 분석 가능하게 하였다.

5.1.2 PRODATS 시뮬레이션 조건

5.56 mm 보통탄과 동심탄의 탄도분석 모델링 및 시뮬레이션을 위해 탄자 도면 치수를 적용하여 각각의 Mass Properties를 분석하였으며, 실험을 위한 대기온도 및 속도 등은 두 탄 모두 5.56 mm 보통탄(기준탄) 국방규격을 참고하여 설정하였다<sup>9)</sup>.

Table 8. Mass properties

KM193 Bullet	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CG from Nose : 11.53 mm</li> <li>•Moment of Transverse Inertia : 0.7574639 g·cm<sup>2</sup></li> <li>•Moment of Axial Inertia : 0.1177880 g·cm<sup>2</sup></li> </ul>
Copper Core Bullet	<ul style="list-style-type: none"> <li>•CG from Nose : 12.29 mm</li> <li>•Moment of Transverse Inertia : 0.7308177 g·cm<sup>2</sup></li> <li>•Moment of Axial Inertia : 0.1181038 g·cm<sup>2</sup></li> </ul>

Table 9. Experimental condition & Gun Setup

Experimental condition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmospheric Pressure : 1 atm</li> <li>• Air Temperature : 15.0 °C</li> <li>• velocity(at 25 m) : 963 m/s</li> </ul>
Gun setup	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Twist : 54.7 cal/rev(304.8 mm/1 turn)</li> <li>• Barrel Length : 482.6 mm</li> <li>• Initial Gun Position : 1.20 m(Z)</li> <li>• Quadrant Elevation : 0.083 deg</li> </ul>

5.2 분석결과 데이터 산출

Table 10. Trajectory analysis

	Coordinates					
	KM193 Bullet			Copper Core Bullet		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
0 m	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20
25 m	25.00	0.00	1.23	25.00	0.00	1.23
100 m	100.00	0.00	1.29	100.00	0.00	1.29
200 m	200.00	0.00	1.25	200.00	0.00	1.25
250 m	250.00	-0.01	1.17	250.00	-0.01	1.17

Table 11. Deviation of vertical(m) trajectory

Division	0 m	25 m	100 m	200 m	250 m
KM193 Bullet(A)	1.20	1.23	1.29	1.25	1.17
Copper Core Bullet(B)	1.20	1.23	1.29	1.25	1.17
Deviation (A-B)	0	0	0	0	0

5.3 시험결과 데이터 분석

Table 10의 데이터는 PRODATS가 도출한 각 측정지점(X좌표)별 탄도의 좌우편향(Y좌표)과 수직편향(Z좌표)을 의미하며, Table 11에는 Table 10의 Z좌표 데이터를 이용하여 탄종별 수직편향을 비교하고 그 편차를 계산하여 나타내었다.

Table 11에 나타난 바와 같이 5.56 mm 보통탄(KM193)과 동심탄의 탄도를 PRODATS를 이용하여 비교분석한 결과, 소요군의 통상적인 사격지점인 25 m, 100 m, 200 m, 250 m에서 모두 10 mm 이내의 수직편차를 갖는 것으로 분석되어 모든 지점에서 탄도호환성 기준 값을 만족하는 것으로 판단된다.

5.4 공기 역학적 도약 분석

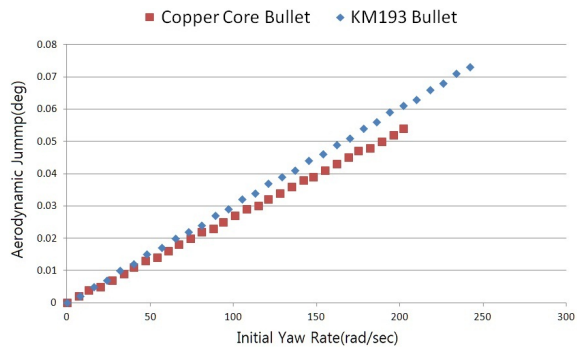


Fig. 3. Aerodynamic jump of km193 & copper core bullet

공기 역학적 도약(Aerodynamic Jump)은 탄자가 포구를 빠져나오는 순간 균일하지 못한 힘을 받게 되어 발생하는 탄자의 축과 포신 축(고각선)이 이루는 각을 의미한다. PRODATS를 이용하여 계산한 두 탄종의 공기 역학적 도약을 Fig. 3에 나타내었다. 비교결과 5.56

mm 보통탄에 비하여 5.56 mm 동심탄의 공기 역학적 도약이 작은 것으로 분석되었다.

### 6. 표준탄도방정식(질점해석) 이용 탄도곡선 분석

#### 6.1 표준탄도방정식 적용

탄자가 대기를 비행할 때 외부로부터 중력과 항력만을 받는 하나의 질점(Point Mass)이라고 가정해서 Newton의 운동방정식을 적용하여 세운 탄자의 운동방정식을 표준탄도방정식(Standard Ballistic Equation)이라 한다. 탄도방정식의 세부 수식은 다음 식 (2-1), (2-2)과 같다<sup>4,10)</sup>.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\pi}{8} \frac{C_d d^2}{m} \rho V \frac{dx}{dt} \quad (2-1)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{\pi}{8} \frac{C_d d^2}{m} \rho V \frac{dy}{dt} - g \quad (2-2)$$

여기서  $C_d$ 는 항력계수,  $m$ 은 탄자질량,  $d$ 는 탄자직경,  $\rho$ 는 대기밀도,  $V$ 는 탄자속도,  $g$ 는 중력가속도이다.

표준탄도방정식은 비선형 이계미분방정식으로 수치해석방법(Numerical Analysis Method)으로 Excel을 이용하여 두 탄종의 탄도를 계산하였다. 주어진 초기조건은 Table 12와 같다.

Table 12. Initial condition

<p>KM193 Bullet</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bullet Weight : 55 grain</li> <li>• Temperature : 15 °C</li> <li>• Altitude : 0 m</li> <li>• Initial Angle : 0.083°</li> <li>• Velocity : 994 m/s</li> <li>• Gravitational Acceleration : 9.80665 m/s<sup>2</sup></li> </ul>
<p>Copper Core Bullet</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bullet Weight : 50 grain</li> <li>• Temperature : 15 °C</li> <li>• Altitude : 0 m</li> <li>• Initial Angle : 0.083°</li> <li>• Velocity : 997 m/s</li> <li>• Gravitational Acceleration : 9.80665 m/s<sup>2</sup></li> </ul>

### 6.2 탄도방정식 계산결과 산출

Table 13. Vertical deviation(mm) analysis

Division		0 m	25 m	100 m	200 m	250 m
KM193 Bullet (A)	Coord. (mm)	0	38	112	96	30
	Velocity (m/s)	994	963	877	769	718
Copper Core Bullet (B)	Coord. (mm)	0	38	112	94	25
	Velocity (m/s)	997	963	871	754	700
Vertical Deviation(A-B)		0	0	0	2	5

#### 6.3 탄도방정식 계산결과 분석

Table 13의 데이터는 표준탄도방정식을 이용하여 계산한 각 측정지점별 탄의 수직편향, 속도 및 탄종간 편차를 나타낸 값이다. 표준탄도방정식을 수치해석방법을 이용하여 계산한 결과 소요군의 통상적인 사격지점인 25 m, 100 m에서는 수직편향이 동일하여 수직편차가 0 mm로 계산되었으며 200 m, 250 m에서는 각 2 mm, 5 mm의 수직편차를 갖는 것으로 계산되어 모든 지점에서 탄도호환성 기준 값을 만족하는 것으로 판단된다.

## 7. 결론

본 연구에서는 인체 유해성과 환경오염 위해요소를 경감시킬 목적으로 개발된 5.56 mm 동심탄의 탄도곡선에 따른 탄착점을 기존 군에서 운용중인 5.56 mm 보통탄(KM193)의 탄착점과 비교하여 일정 범위 이내의 탄도호환성 수준을 만족하는지 실 사격 시험, PRODAS 프로그램 및 표준탄도방정식을 통하여 확인하였다.

탄도호환성 분석과 관련하여 현재 적용되는 소구경탄 국방규격 상에는 요구기준이 제시되어있지 않기 때문에 KM80 국방규격과 과거 개정 전 K100 국방규격에 명기된 수치들을 활용하여 회귀분석 등을 통해 기준 값을 산출하였으며, 실 사격 시험, PRODAS 프로그



램 및 표준탄도방정식을 이용하여 수행한 탄도호환성 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 실 사격 시험 시 기준탄과 시험탄의 탄착점 수직 편차는 산출된 탄도호환성 기준 값의 유효범위를 만족한다는 가정이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.
- (2) PRODAS 프로그램을 이용한 데이터와 표준탄도방정식을 통하여 계산한 데이터를 분석한 결과, 두 방법 모두 산출된 탄도호환성 기준 값을 만족하는 것으로 나타났다.

결론적으로 탄도호환성 측면에서 5.56 mm 동심탄을 현재 사용되고 있는 5.56 mm 보통탄과 다양한 분석방법을 통하여 비교한 결과 소요군의 통상적인 사격지점 4곳에서 제시된 탄도호환성 수준을 만족함을 확인할 수 있었다. 따라서 군 장병들의 사격훈련에 인체에 유해한 납을 포함하고 있는 기존 탄을 대체하여 해당 동심탄을 사용하여도 동일한 총기로 추가적인 조정 없이 사격훈련이 가능할 것으로 사료된다. 그러나 본 연구결과로 확인할 수 있는 성능은 해당 지점에서의 탄도호환성으로 제한되며 이를 제외한 지점 및 탄에 요구되는 타 성능들에 대한 확인을 위해서는 추가적인 연구가 요구되어진다.

모든 분야에서 친환경적인 요소가 강조되고 있는 요즘 인체 유해성과 환경오염 위해요소를 경감시킬 목적으로 개발된 5.56 mm 동심탄에 대한 본 연구 결과는 친환경과 관련된 국방 분야 증장기 정책의 수립 등에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] Don Mikko, "U.S. Military Green Bullet," Association of Firearm and Tool Mark Examiners Journal, Vol. 31, No. 4, 1999.
- [2] Jeong J. S., Kwon T. M., "A Study on the Development Trend Analysis of Environmental Friendly Materials," Defence Agency for Technology and Quality, Korea, pp. 3-23, 2010.
- [3] Hong J. H., Jang T. S., Song. J. C., Kim B. I., "Design and Performance Analysis of Environment Friendly Double Core Bullets for Small Arms," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technolgy, Vol. 14, No. 2, pp. 264-270, 2011.
- [4] Lee H. J., "Rifle and Ballistics," Chung Moon Gak, Korea, pp. 76-239, 2012.
- [5] KDS 1305-1061-2, "CARTRIDGE, 5.56 MM, BALL, K100," Korea Defence Standard, 2004.
- [6] KDS 1305-1032-5, "CARTRIDGE, 7.62 MM, NATO, BALL, KM80," Korea Defence Standard, 2011.
- [7] SCATP-5.56 MM, "Small Caliber Ammunition Test Procedures 5.56 mm," The U.S. Military Standard, 1998.
- [8] AMCP 706-242, "Engineering Design Handbook: Design for Control of Projectile Flight Characteristics," The U.S. Army Materiel Command, 1966.
- [9] KDS 1305-1026-5, "CARTRIDGE, 5.56 MM, BALL, KM193," Korea Defence Standard, 2012.
- [10] Lee J. H., "Weapon Engineering," Book Korea, Korea, pp. 82-83, 2013.