

차기 보병전투장갑차 포신 처짐량 예측 및 명중률 분석

Analysis of the Estimation of the Deflection and Hit Probability of a Gun Barrel of Next Infantry Fighting Vehicle

유삼현* **정동윤*** **오명호*** **신내호*** **남석현****
Sam-Hyeon Yoo Dong-Yoon Chung Myoung-ho Oh Naeho Shin Suk-Hyun Nam

ABSTRACT

A gun barrel of infantry fighting vehicle is supported like a type of cantilever. Temperature of a gun barrel is increased by heat transfer due to the combustion of propellant charge during the firing. Thus, the muzzle of a gun barrel is deflected in accordance with its temperature and the accuracy rate is decreased by deflection of the muzzle. In this study, deflection of a gun barrel is estimated by measuring its restoration rate because measuring the deflection rate is difficult due to the vibration of the gun barrel during the firing. In order to obtain the relations between deflection rate and restoration rate of the 40mm gun barrel of Next Infantry Fighting Vehicle(NIFV) under varying temperature, measurement of deflection rate and restoration rate is carried out using 5.56mm Remington rifle barrel. Effect of the estimated deflection rate of a gun barrel of NIFV on the hit probability is also analyzed.

주요기술용어(주제어) : NIFV(차세대 보병전투장갑차), Deflection Rate(처짐률), Hit Probability(명중률)

1. 머리말

한국형 차세대 보병전투장갑차는 40mm 주포를 장착하여 공격능력을 증강시킨 보병전투의 주력 장비이다. 일단고정보(cantilever)의 형태로 지지되어 있는 2,800mm 전장의 포신은 자체 하중에 의한 포구에서의 처짐 외에 사격시 발생하는 고온, 고압의 추진가스에 의한 열전달로 부가적인 처짐이 발생한다. 열전달에

의한 처짐은 고각(elevation)에 대한 오차로 작용하여 사거리 방향의 명중률을 감소시키며, 강외탄도학적 측면에서 수직도약(vertical jump)의 주된 원인이 된다^[1].

포구부분의 사격시 처짐량 및 사격후 복원량은 포신 모든 위치에서의 온도 변화에 따른 함수로 표현된다^[2]. 그러나 초기에 추진제가 연소되는 약실부분 고정단에서의 급격한 열전달로 나타나는 온도변화가 지배적인 영향을 미치기 때문에 처짐 및 복원량은 약실부 내벽에서의 온도 변화에 대한 함수로만 가정한다.

포신으로의 열전달 또는 열손실에 의한 온도 변화는 약실부분에 삽입된 열전대에 의해 계측이 가능한 반면, 포신의 주퇴운동에 의한 과도한 진동으로 처짐

† 2006년 6월 5일 접수~2006년 9월 7일 게재승인

* 육군사관학교(Korea Military Academy)

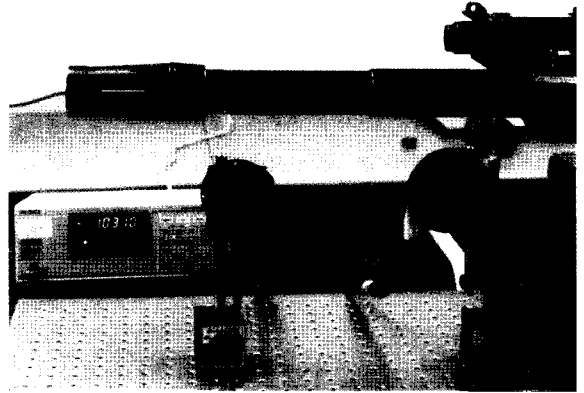
** 국방과학연구소(ADD)

주저자 이메일 : samyoo@kma.ac.kr

량 계측은 제한된다. 그러므로 특정 탄으로 사격을 실시한 후 가열된 포신의 약실부분에서의 열손실에 의한 온도 변화와 그에 따른 복원량을 계측하여 처짐량을 예측한다.

이러한 처짐량은 장갑차 자체의 탄도오차와 조준 및 기상에 의한 우발오차에 추가적인 사거리 방향 오차로 작용하여 명중률을 감소시키게 된다.

본 논문에서는 NIFV 실사격을 실시하여, 약실부분 내벽에서의 특정 최고온도로부터 열손실에 의한 온도 변화 및 포구부분에서의 복원량 계측 결과를 분석하였다. 일부 온도구간에서의 계측되지 않은 복원량에 대한 복구 및 온도변화에 따른 처짐량 예측을 위해 동일한 재료로 제작된 5.56mm Remington 총열에 대한 실험을 실시하였다. 총열이 가열되는 동안 온도별 처짐량을 측정하고, 일정 온도에 도달한 후 자연냉각을 통해 복원량 측정을 실시하였다. Remington 총열의 온도 변화에 따른 처짐 및 복원량의 비교 분석을 통해 NIFV 40mm 주포의 처짐량을 예측하고, 그 결과를 통해 명중률에 미치는 영향을 분석하였다.



[그림 2] 비접촉 레이저 변위 측정기

나. 복원량 계측 및 분석

사격시 포신으로의 열전달에 의한 온도 변화 및 처짐량 계측은 포신의 과도한 진동에 의해 제한된다. 본 논문에서는 사격후 포신의 자연냉각에 따른 복원량을 측정하여 처짐량을 예측한다. 그림 3에서 특정 탄을 연발로 사격한 후, 온도 변화에 따른 복원량 측정 결과를 보여주고 있다.

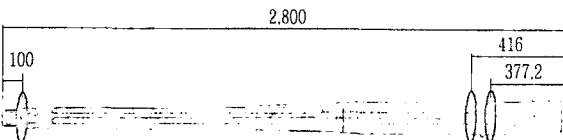
그림 3(a)는 날개안정탄 24발 사격후, 약실 온도 50℃부터 95℃까지의 구간에서, 그림 3(b)는 보통탄 194발 사격후 약실온도 160℃부터 230℃까지의 구간에서 계측된 포구부분 복원량이다. 자연냉각에 의한 약실부분의 온도는 점차 낮아지며, 복원량은 재료의 고유 특성 및 형상에 의해 불연속 현상이 나타나고 있다. 그림 3(a)에서 온도구간에 대한 복원량 변위는

2. 약실 내벽온도 및 복원량 계측

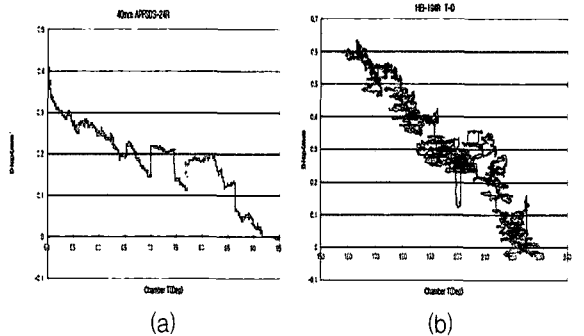
가. 계측 위치 및 장비

NIFV 포신을 그림 1에서 보여주고 있다. 포신의 총 길이는 2,800mm이며, 포신의 복원량은 포구 끝단에서 20mm 지점에서 측정한다. 측정장비는 반도체 레이저 광원 2헤드 type으로 파장 670nm, 광원 출력 1.9mW 용량의 비접촉레이저 변위 측정기 작동거리 50mm, 응답주파수 20kHz, 분해능 0.5μm 및 선형 ±0.05% 정밀계측이 가능하며 그림 2에서 보여주고 있다.

포신 온도는 포구로부터 2,384mm(포미로부터 416mm) 위치에서, 포신 내벽으로부터 1mm 지점에서 민감도가 높은 K-type 열전대를 이용하여 계측된다.



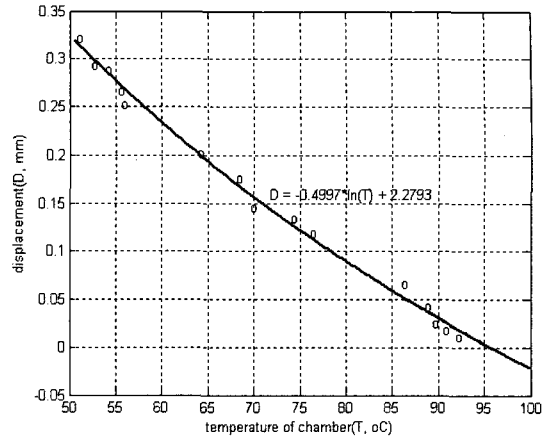
[그림 1] NIFV 40mm 포신



[그림 3] 약실 온도변화에 따른 복원량
x축 : 온도(℃), y축 : 복원량(mm)

약 0.4mm, 그림 3(b)에서 온도구간에 대한 복원량 변위는 약 0.6mm이다. 그림 3에서 보여주고 있는 복원량은 레이저 변위 측정기를 포신 하단에 위치하여 측정된 결과로서, 온도에 따른 복원률은 약실온도가 낮아짐에 따라 상대적으로 크게 나타난다.

상온(25℃)부터 50℃까지, 95℃부터 160℃까지의 온도구간에 대한 계측된 복원량 자료는 손실되었다. 포신의 처짐량 예측을 위해서 유효 데이터 온도구간인 50℃부터 95℃까지, 160℃부터 230℃까지의 곡선접합(curve fitting) 과정과 자료가 손실된 온도구간에 대한 복원곡선 복구 과정이 요구된다.



[그림 4] 50℃부터 95℃까지의 곡선접합

3. 곡선접합 및 복원곡선 복구

가. 곡선접합^[3]

그림 3(a)에서 보여주고 있는 50℃부터 95℃까지의 약실부분 온도구간에서 선정된 15개의 유효데이터를 표 1에서 보여주고 있다. 이러한 데이터는 재료의 특성이나 형상에 의해 계측된 불규칙 거동을 제외하고 선정되었다. 이런 배경은 동일 재료의 총열이나 장축 공동실린더에 대한 복원 실험 결과, 불규칙 거동의 형태는 일정한 유형을 갖고 있지 않으나, 복원 추세는 거의 일정하게 나타났다. 때문에 40mm 포신의 경우에도 불규칙 거동을 제외하고, 복원 추세에 영향을 미치는 데이터를 선정하였다.

[표 1] 50℃부터 95℃까지의 유효데이터

온도 (°C)	50.4	52.5	53.7	55.5	55.8
복원량 (mm)	.3370	.2978	.2930	.2636	.2490
온도 (°C)	64.3	68.0	70.0	74.5	76.2
복원량 (mm)	.2000	.1758	.1465	.1318	.1270
온도 (°C)	84.4	88.0	89.9	90.5	91.4
복원량 (mm)	.0683	.0439	0.244	.0196	.0146

온도구간 50℃부터 95℃에서 선정된 표 1의 유효데이터를 이용한 곡선접합 결과를 그림 4에서 보여주고 있으며, 구간에서의 온도에 대한 복원량 곡선접합 관계는 식 (1)과 같다.

$$R_1 = -0.2297 \ln(T) + 2.2793 \quad (1)$$

여기서 R 와 T 는 각각 복원량(mm)과 약실부분 온도(°C)를 나타낸다.

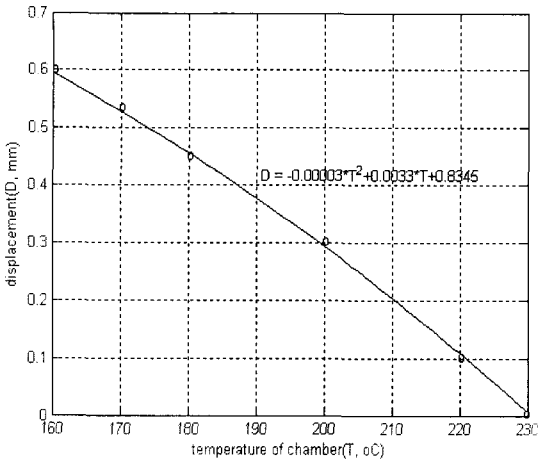
그림 3(b)에서 보여주고 있는 160℃부터 230℃까지의 약실부분 온도구간에서 선정된 6개의 유효데이터를 표 2에서 보여주고 있다. 유효데이터는 해당 온도구간에서 전반적인 복원량 변화에 따른 포신 거동의 주요 경향에 포함된 자료로 선정되었다.

표 2에서 보여주고 있는 유효데이터에 대한 곡선접합 결과를 그림 5에서 보여주고 있으며, 구간에서의 온도에 대한 복원량 곡선접합 관계는 식 (2)와 같다.

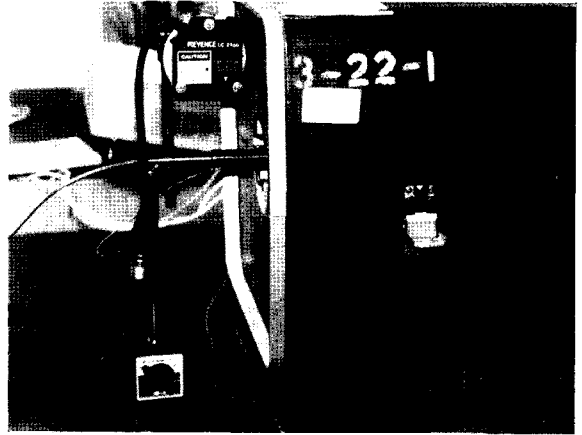
$$R_2 = -0.00003T^2 + 0.0033T + 0.8346 \quad (2)$$

[표 2] 160℃부터 230℃까지의 유효데이터

온도 (°C)	160	170	180	200	220	230
복원량 (mm)	0.06	0.53	0.45	0.30	0.10	0.00



[그림 5] 160°C부터 230°C까지의 곡선접합



[그림 6] 관상로를 이용한 Remington 총열의 처짐 및 복원량 계측

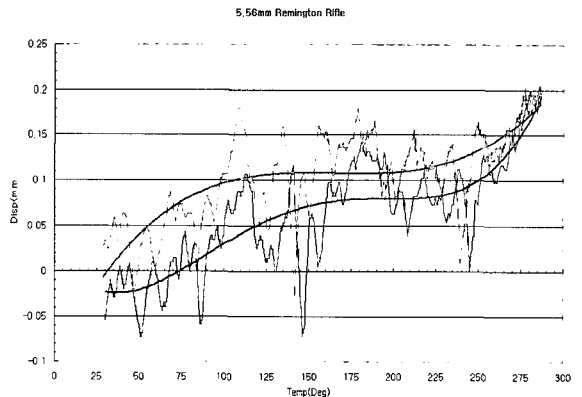
나. 복원곡선 복구

계측되지 않은 온도구간에서의 40mm 포신 복원량을 복구하기 위해서 동일한 재료로 제작된 5.56mm Remington 총열을 이용한 실험을 실시한다. 총열을 관상로 내에 위치시켜 약실부분에서의 상온으로부터 280°C까지 상승하도록 가열한다. 그림 6에서 Remington 총열에 대한 실험과정을 보여주고 있다.

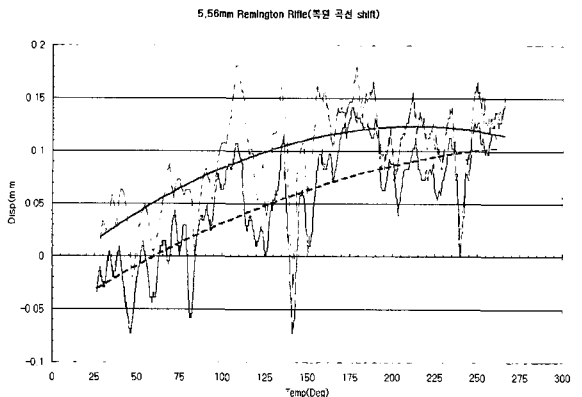
Remington 총열의 길이는 740mm이며, 관상로 열선 위치를 고려하여 총열 내부 온도는 고정단으로부터 130mm 위치에서 측정한다. 처짐 및 복원량은 총구 끝단으로부터 15mm 위치에서 측정된다. 실험방법은 상온에서 280°C까지 총열이 가열되는 동안 측정위치에서 처짐량을 계측하고, 자연 냉각과정을 통해 상온에 이르기까지 복원량을 측정한다. 그림 6에서 Remington 총열의 가열 및 냉각과정을 통해 얻은 온도에 따른 처짐과 복원곡선을 보여주고 있다.

그림 7에서 상부곡선은 총열의 온도가 상승하며 측정된 처짐량이며, 하부곡선은 온도 하강에 따라 측정된 복원량이다. 특정 온도에서 총열의 처짐 변위는 복원 변위보다 크게 나타나고 있으며, 복원 추세는 처짐 추세와 약 6°C의 온도 차로 유사한 거동을 나타내고 있다.

그림 8에서 복원곡선을 -6°C 이동시켰을 경우 처짐곡선과의 비교를 보여주고 있다. 이러한 결과는 총열 재료가 가열과 냉각과정 중 특정 온도구간에서의



[그림 7] Remington 총열의 처짐 및 복원곡선



[그림 8] 복원곡선을 -6°C 이동시켰을 경우 처짐 곡선과의 비교

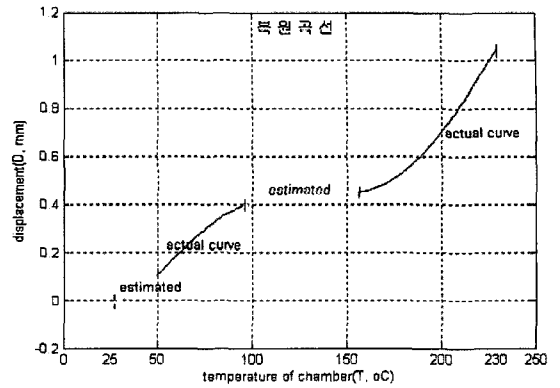
치짐 변위는 다르지만, 유사한 거동 특성을 갖고 있다는 것을 보여주고 있다.

그림 7의 복원곡선으로부터 다음과 같은 분석 결과를 얻을 수 있다. 75℃부터 180℃까지의 온도구간에서 Remington 총열의 복원 추세는 로그곡선의 경향을 보이고 있으며, 복원 변위 차는 0.08mm이다. 이 구간에서의 총열 복원 추세는 50℃부터 95℃까지의 온도구간에서 측정된 40mm 포신의 복원 추세와 비슷한 경향을 보이고 있다. 230℃부터 280℃까지의 온도구간에서 총열의 복원량은 2차 곡선의 추세를 보이고 있으며, 160℃부터 230℃까지의 온도구간에서 측정된 40mm 포신의 복원 추세와 비슷한 경향을 보이고 있다.

25℃부터 50℃까지와 95℃부터 160℃까지의 온도구간에 대한 40mm 포신의 복원량은 이 구간에 대응되는 Remington 총열 실험에 의한 25℃부터 75℃까지와 180℃부터 230℃까지 각각의 온도구간에서 계측된 복원량, 그리고 포신과 총열에 대한 복원량이 측정된 온도구간에서의 분석을 통해 복구 가능하다.

40mm 포신의 50℃부터 95℃ 온도구간에서 복원량과 5.56mm 총열의 75℃부터 180℃ 온도구간에서 측정된 복원량은 로그곡선의 형태로 서로 상응하고 있다. 각각의 온도 구간에서 복원량 변위는 40mm 포신의 경우 0.4mm이며, 5.56mm 총열의 경우 0.08mm로 계측되었다. 이러한 결과를 통해, 유사한 거동을 하는 온도구간에서 40mm 포신이 5.56mm 총열의 복원량 변위보다 약 5배 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

이러한 분석 결과를 40mm 포신의 계측되지 않은 구간에 적용하여 복원곡선을 추정할 수 있다. 먼저 25℃부터 75℃까지의 온도구간에서 5.56mm 총열의 복원량 변위는 약 0.02mm로 계측되었으며, 180℃부터 230℃까지의 온도구간에서 복원량 변위는 약 0.01mm로 계측되었다. 이러한 결과와 40mm 포신이 5.56mm 총열의 복원량 변위보다 약 5배 크다는 위의 가정에 상응하는 40mm 포신의 온도구간에 적용할 경우 25℃부터 50℃까지의 온도구간에서 복원량 변위는 약 0.1mm, 160℃부터 230℃까지의 온도구간에서 복원량 변위는 약 0.05mm로 예측할 수 있다. 40mm 포신의 각 온도구간에 대하여 예측된 복원량 변위와, 총열의 해당 구간 복원 추세를 적용하여 얻어진 전체 온도구간 복



[그림 9] 40mm 포신의 예측된 복원곡선

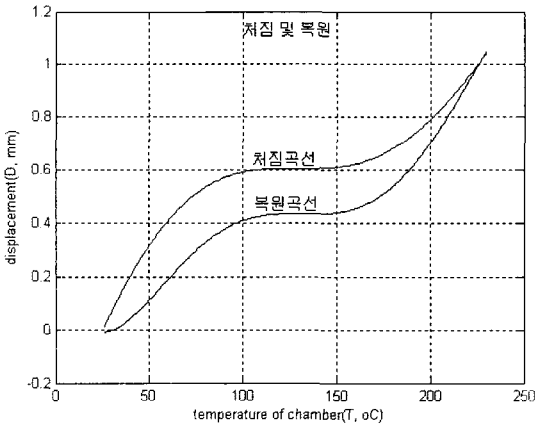
원곡선을 그림 9에서 보여주고 있으며, 160℃부터 230℃까지의 전 온도구간에 대한 복원량은 식 (3)과 같다.

$$R = -0.45 \times 10^{-10} T^5 + 0.306 \times 10^{-7} T^4 - 0.731 \times 10^{-5} T^3 + 0.734 \times 10^{-3} T^2 - 0.025 T + 0.258 \quad (3)$$

4. 치짐곡선 예측

복원곡선 복구를 위한 Remington 총열 실험의 결과로부터 특정 온도에서의 치짐곡선이 복원곡선보다 변위가 더 크게 나타났고, 복원곡선을 약 -6℃ 이동시켰을 경우 치짐곡선과 변위는 다르지만 유사한 거동을 보여주고 있다. 이러한 분석은 복원곡선으로부터 치짐곡선을 예측하는데 있어 중요한 정보가 된다. 또한 그림 7에서 두 곡선의 온도에 대한 치짐 변위 차이는 75℃부터 100℃까지의 온도구간에서 약 0.05mm, 150℃부터 225℃까지의 온도구간에서 약 0.045mm 그리고 225℃부터 270℃까지의 온도구간에서 약 0.03mm로 나타나고 있다.

40mm 포신의 복원량 변위가 5.56mm 총열의 복원량 변위보다 약 5배 크다는 가정을 온도구간별 복원곡선에 적용하면 그림 10과 같은 40mm 포신의 치짐곡선이 예측된다. 160℃부터 230℃까지의 전 온도구간에 대한 치짐량은 식 (4)와 같이 표현된다.



[그림 10] 40mm 포신의 복원곡선에 의한 처짐 곡선 예측

$$D = -0.138 \times 10^{-10} T^5 + 0.823 \times 10^{-8} T^4 - 0.132 \times 10^{-5} T^3 - 0.143 \times 10^{-4} T^2 + 0.018 T - 0.427 \quad (4)$$

여기서 D 는 온도에 대한 처짐량으로 단위는 mm이다.

5. 처짐량에 의한 명중률 분석

처짐량에 의한 명중률 분석을 위해 40mm 포신의 고정단으로부터 포구까지 처짐은 선형이며, 사격에 의한 탄착분포는 조준점의 중심을 평균으로 하는 정규분포로 가정한다.

사격에 의한 명중률은 표적의 횡(x) 방향과 종(y) 방향 크기 그리고 각 방향으로의 오차로 표현되는 표준편차 등의 함수로 결정된다. 각 방향에 대하여 여러 가지 형태로 나타나는 오차는 상호 독립적으로 발생하기 때문에 가법성을 적용하여 전체적인 분산은 오차에 관련된 모든 분산을 합하여 얻을 수 있다^[4].

표준편차 단위는 mrad이며, 이는 1000m 사거리에서 1m의 수직거리에 의해 이루어지는 각으로서 약 0.06° 이다.

명중률에 영향을 미치는 오차의 형태는 탄도, 조준, 사거리판단, 조준점 선명도, 환경에 의한 우발 등 다양한 형태를 갖고 있지만, x 및 y 방향으로의 오차에

가장 크게 영향을 미치는 요소는 사탄분포에 의한 탄도오차와 조준 및 기상에 의해 부수적으로 나타나는 우발오차이다^[5].

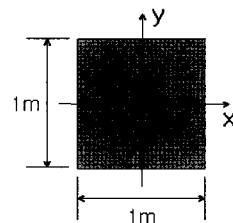
포신의 처짐에 의한 오차는 x 방향으로의 영향은 없으나 사거리에 영향을 미치게 되므로 y 방향으로 다른 오차 요소들과 독립적인 영향을 미치게 된다.

처짐에 의한 오차는 상온에서 포신의 고정단에서 포구 끝단에 이르는 선형적 선으로부터 사격에 의한 약실 내벽의 특정 온도에서 고정단에서 포구 끝단에 이르는 선형적 선이 이루는 각으로 표현된다. 여기서 삽입 고정부분을 제외한 나머지 포신 길이는 2,600mm 이다.

예를 들어 NIFV 40mm 포신의 고정 표준오차가 표 3과 같으며, 1,000m 사거리에서 1m×1m 표적 중앙에 조준하여 사격할 경우, 처짐에 의한 명중률은 다음과 같다.

[표 3] 고정 표준오차

방향	탄도오차 (발당 사탄분포)	우발오차 (조준/기상 오차)
횡(x)	$\sigma_{Bx} = 0.2\text{mrad}$	$\sigma_{Ix} = 0.2\text{mrad}$
종(y)	$\sigma_{By} = 0.2\text{mrad}$	$\sigma_{Iy} = 0.2\text{mrad}$



[그림 11] 표적의 x 및 y방향 표현

사격 전, 포신의 처짐이 발생하지 않은 25°C에서 각 방향으로의 분산은 가법성에 의해 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= \sigma_{Bx}^2 + \sigma_{Ix}^2 = 0.08\text{mrad}^2 \\ \sigma_y^2 &= \sigma_{By}^2 + \sigma_{Iy}^2 = 0.08\text{mrad}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

즉, x 방향으로의 표준편차 σ_x 와 y 방향으로의 표준

편차 σ_y 는 모두 0.2828mrad 이다.

사거리 1,000m에 위치한 그림 10의 표적 중심으로 부터 거리 d_x 와 d_y 를 각도로 나타낼 경우 각각 0.5mrad 이다.

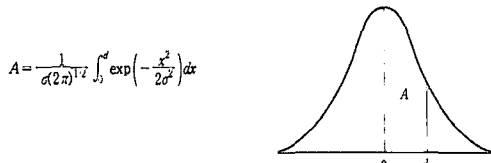
표준편차에 대한 표적의 크기에 따라 계산된 명중률을 찾을 수 있는 그림 12^[6]를 적용하기 위해 각 방향의 d/σ 값을 계산하면 식 (6)과 같다.

$$\frac{d_x}{\sigma_x} = \frac{d_y}{\sigma_y} = \frac{0.5}{0.2828} = 1.77 \quad (6)$$

식 (6)의 결과와 그림 11에 주어진 표를 이용할 경우 각 방향의 명중률은 다음과 같다.

$$P_x = 0.4616 \times 2 = 0.9232$$

$$P_y = 0.4616 \times 2 = 0.9232 \quad (7)$$



	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0160	0.0360	0.0640	0.1093	0.1677	0.2354	0.3090	0.3854
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1953	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2851	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389

[그림 12] 표준편차 및 표적 크기에 의한 명중률 정규분포

여기서 P_x 와 P_y 는 각 방향에 대한 명중률이며, 표에 나타난 명중률 값은 표적 중심으로부터 한쪽 방향에 대한 확률 값이기 때문에 대칭으로 나타난 다른 한쪽의 확률 값을 더해준 것이다.

각 방향으로의 명중률 P_x 와 P_y 는 상호 독립이므로 총 명중률은 다음과 같다.

$$P = P_x \times P_y = 0.8523 \quad (8)$$

식 (8)의 결과는 포신의 약실부분 온도가 25℃의 상온을 유지하고 있을 경우, 즉 사격전 고정 표준오차만을 고려한 명중률이다.

일정 사격에 따른 포신으로의 열전달로, 약실부분의 온도는 상승하게 된다. 특정 온도에서의 처짐량은 그림 10에서 예측 가능하다. 여기서 포신의 처짐에 의한 오차는 절대적인 처짐량에 따른 -y 방향의 오차와 수직도약에 의한 +y 방향의 오차가 발생한다고 가정한다. 이 경우 식 (5)에서 x 방향의 분산은 변하지 않지만, y 방향의 분산은 식 (9)와 같이 표현된다.

$$\sigma_y^2 = \sigma_{By}^2 + \sigma_{ly}^2 + \sigma_D^2 \quad (9)$$

여기서 σ_D^2 는 처짐에 의한 분산이며, 표준편차 σ_D 는 처짐량을 삼입 부분을 제외한 포신 길이 2,600mm로 나눈 값과 같으며 단위는 mrad 이다.

만일 포신의 온도가 100℃일 경우 처짐량은 0.5913 mm로 예측할 수 있으며, 표준편차 σ_D 는 0.2274mrad 이 된다. 식 (9)에 위의 결과를 적용하면, y 방향의 총 분산 σ_y^2 은 0.1317, 표준편차 σ_y 는 0.3629이다. x 방향으로의 d/σ 값은 식 (6)의 결과와 같으나, y 방향으로의 d/σ 값은 1.38이 된다. y 방향으로의 명중률 P_y 는 0.8324, 표적에 대한 총 명중률 P 는 0.7685가 된다. 즉, 약실부분의 온도가 상온에서 100℃로 상승 되었다면, 명중률은 약 0.0838만큼 감소하게 된다. 표 4에서 특정 온도에서의 처짐량과 그에 따른 명중률을 보여주고 있다.

[표 4] 특정 온도에서 처짐에 의한 명중률

온도 ℃	처짐 mm	σ_D mrad	σ_y^2 mrad ²	σ_y mrad	P_x	P_y	P
25	0.0000	0.0000	0.0080	0.2828	0.9232	0.9232	0.8523
30	0.3173	0.1220	0.0949	0.3080	0.9232	0.8943	0.8261
100	0.5913	0.2274	0.1317	0.3629	0.9232	0.8324	0.7685
150	0.6109	0.2350	0.1352	0.3677	0.9232	0.8262	0.7627
200	0.7906	0.3041	0.1725	0.4153	0.9232	0.7698	0.7107
230	1.0442	0.4016	0.2413	0.4912	0.9232	0.6922	0.6390

약실부분의 온도가 상온에서 230℃로 상승되었을 경우 처짐에 의한 명중률은 약 23% 감소하게 됨을 보여주고 있다.

6. 맺음말

본 연구에서는 차기 보병전투장갑차 40mm 주포 사격 후, 약실부분 내벽에서의 온도에 따른 포신의 처짐량 예측과정을 보여주었다. 이를 위해 계측된 일부 복원량 분석과 포신과 동일한 재료로 제작된 5.56mm Remington 총열에 의한 실험을 통해 포신의 처짐량을 예측할 수 있었다. 정확한 처짐 자료는 될 수 없지만, 약실부분 온도 변화에 따른 포신 처짐 거동을 예측하는 방법을 구현하였다. 또한 이러한 약실부분의 특정 온도에서의 예측된 처짐량에 의한 명중률을 정량적 비교를 통해 분석하였다. 사격에 의한 다양한 오차 요인을 탄도오차와 우발오차로 정의하고 y 방향의 오차로 작용하는 처짐량의 영향을 분석하였다. 이러한 분석은 탄종별 사격 발수에 따른 포신의 온도를 고려한 고각 또는 사각 보정을 통해 명중률 감소 요인을 배제할 수 있는 기초를 제공한 내용으로 판단된다. 보다 정확한 처짐량 계측을 위해 실 사격간 측정

할 수 있는 방안에 대한 실험 및 연구가 요구된다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 국방과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것입니다. 연구비를 지원해 주신 국방과학연구소에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 이희각 외, 신편병기공학, 청문각, 1994.
- [2] G. Wempner, Mechanics of Solids, McGraw-Hill, Inc., 1973.
- [3] C. E. Gerald, P. O. Wheatley, Applied Numerical Analysis, Addison Wesley, 1994.
- [4] K. S. Shanmugan, A. M. Breipohi, Random Signals Detection, Estimation and Data Anaysis, Wiley, 1988.
- [5] 김진우 외 6명, 무기체계공학, 북스힐, 2002.
- [6] R. W. Shephard, D. A. Hartley, Applied Operations Research, Plenum Press, 1988.