

K-7소음총의 사격음 특성에 대한 실험적 연구

A experimental study for the characteristics of impulse noise caused by shooting of K-7 silenced assault rifle

이진호*
Lee, Jin-Ho

ABSTRACT

In 1909 Hiram P. Maxim invented one of the first metal silencers for reducing sound levels in firearms. Silenced rifle have been mainly applied in the hunting and military operation. In particular special force make use of silenced rifle because it is low sound level.

This paper considers experimental analysis for the characteristics of shock wave caused by shooting of a silenced rifle. Experimental results indicate that the sound level of K-7 silenced rifle was lower than the sound level of MP5 silenced rifle. And, Sound Power Level of K-7 silenced rifle at a distance more than 75m or 100m have nearly the constant value. This results that suggested the characteristics data about K-7 rifle's impulse noise will be apply to design the silencer of a small arms.

주요기술용어(주제어) : Silenced Rifle(소음총), Sound Level(소음레벨), Impulse Noise(폭발음), Sound Power Level(음압강도), Special Force(특수부대)

1. 서론

소음총은 사격시 발생하는 사격음을 최소화시킬 수 있는 소음기가 장착된 소총을 말한다. 이러한 소음총은 1909년 미국의 Hiram P. Maxim에 의해 최초로 탄생되었다. 그는 그가 발명한 소총의 총구에 총구폭풍(muzzle blast)을 감소시킬 수 있는 소음기를 장착하여 일반소총에 비해 소음을 획기적으로 줄일 수 있었다. 이 때문에 그 당시 소음총은 혁신적인 발명품

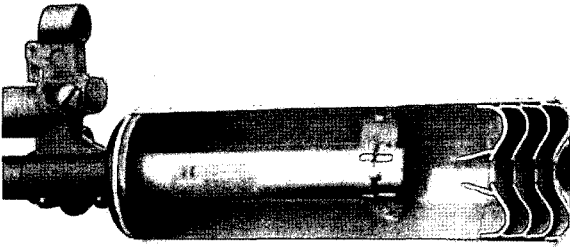
으로 인식되었으며, 1920년대에서 1930년대 초반까지 매우 인기가 있었다. 그 후 1930년대 미국은 대공황(great depression)으로 많은 실직자가 발생하였다. 이들 실직자중 상당수가 기아로부터 벗어나기 위하여 밀렵을 하게 되었고 그 결과 소음총의 수요가 또다시 폭발적으로 증가하였다. 그리하여 미국 정부는 소음총의 사용을 제한하게 되었고, 밀렵군들은 이를 피하기 위해 탈착식 소음기를 많이 사용하면서 오늘날 대부분의 소총은 탈착식 소음기를 사용하게 되었다.^[1]

세계2차대전 중에는 폭발소음이 전투력 상실의 주된 원인이 된다는 사실이 알려짐으로써 폭발소음의 군사적 이용에 대한 본격적인 연구가 시작되었다. 그 결과 폭발소음과 청각손실에 관한 연구가 활발히 진행되었다.

† 2004년 8월 2일 접수~2004년 10월 22일 심사완료

* 육군3사관학교(Korea Third Military Academy)
기계공학과

주저자 이메일 : jinholee21@hanmail.net



[그림 1] Section view of M62 assault rifle's silencer

1960년대 초에는 Mitchell L. WerBell III가 군사용 및 경찰용으로 사용할 수 있는 소음기를 개발함으로써 소개되었다. 이후 소음기 개발은 감음성을 높이는 데 중점을 두고 진행되었다.

1985년에 핀란드에서 개발한 구경이 7.62mm인 M62 소총에는 그림 1과 같이 구조가 복잡한 소음기를 장착하였다. 이 소음기^[2]는 기존 M62소총에 비해 다양한 거리와 방향에서 폭발소음이 거의 90분의 1이나 감소하는 것으로 알려져 있다.

최근 세계적으로 특수부대에서 가장 많이 사용하고 있는 독일 Heckler & Koch사의 MP5계열 소총용 R16MP5소음기^[3]가 있다. 이 소음기는 총구폭풍의 억제와 총구화염의 감소 그리고 주퇴력을 감소시킨다. 또한 길이가 짧아서(약 14cm) 총구에 장착하여 사용할 수 있다.

한편 소음총은 일반소총에 비해 소음이 매우 작기 때문에 기도비닉이 요구되는 매복이나 침투작전 또는 저격작전과 같은 특수작전용이나 사냥용으로 사용하고 있다. 또한 사격시 적으로부터 사격위치의 노출을 최소화시킴으로써 적에게 공포감을 조성하여 사기를 저하시키는 심리적 효과도 있기 때문에 오늘날 그 사용분야가 확대되고 있다. 특히 9·11테러사건 이후 군의 특수작전의 중요성이 커지면서 소음총의 수요는 크게 증가할 것으로 예측된다. 그러나 총구속도가 아음속일 때 감음효과가 크기 때문에 소음총의 유효사거리는 대부분 150m이하로 일반소총에 비해 짧다. 그래서 최근 선진국을 중심으로 성능향상을 위한 활발한 연구가 진행되고 있다.

우리 군에서도 이러한 추세를 예견하여 1998년부터 2년이라는 짧은 기간 내에 적은 연구비로 세계적으로

우수한 국산 K-7소음기관단총(이하 K-7로 칭함)을 개발(대우정밀, 국방품질연구원)하였다. 그 결과 전량 수입에 의존하던 소음총을 국산화함으로써 예산절감과 특수부대의 전투력을 향상시키는데 크게 기여하였다. 이는 1980년대 초 K1A1소총을 비롯한 한국형 K계열 화기의 개발에서 축적된 기술이 있었기 때문에 가능했다고 판단된다.^[4]

또한, 이미 알려진 바와 같이 1960년 초에 개발된 M16소총은 월남전에서 10여년 동안 제기된 문제점을 작전운용성능(ROC, Required Operational Capability)에 반영하였다. 그리하여 개발자가 미처 생각하지 못한 문제점까지도 해결함으로써 오늘날 세계적인 소총으로 탄생되었다. 따라서 우리 군에서도 K-7사용자들의 의견을 충분히 반영해야 보다 더 우수한 소총이 개발될 수 있을 것으로 판단된다. 특히 저소음의 장점을 효과적으로 운용하려면 작전상황별 소음데이터와 소음특성을 활용해야 한다. 그러나 현재 야전에 배포된 K-7야전교범^[5]에는 소음 특성을 고려한 화기 운용 방법에 대한 내용이 없다. 이 때문에 사수는 경험에 의존하여 운용할 수밖에 없는 실정이다. 따라서 전술적 운용효과를 향상시키려면 소음총의 사격음 특성에 대한 연구가 필요하다.

소총 및 소음총의 사격음에 대한 주요 연구결과는 다음과 같다.

먼저 오병완 등^[6]은 M16A1소총 사격시 소총 주위에서의 사격음을 측정하여 수음자의 청력에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 사격음에 노출된 사람은 일시적으로 청력이 감소하거나 상실하는 것으로 분석되었다. 하지만 음원으로부터 거리 및 방향의 변화에 따른 소음 특성 변화에 대한 자료를 제시하지 못했다.

김중욱^[7]은 K-2소총의 총구에서 최고 음압을 측정하여 이론해석의 결과와 비교하였다. 그리고 단순 확장형 소음기를 K-2소총에 부착한 경우에 추진가스 유동에 의한 최고 음압 수준과 추진가스의 누출(blow-by) 등을 예측하였다. 또한, 단순 확장형 소음기를 제작하여 측정결과와 비교하였다. 이때 그는 음파동의 지속시간을 증가시키기 위해 소음기 내부형상을 변화시켜 4종류의 소음기를 설계, 제작하여 감음효과를 측정하였고, 최대 감음 효과가 있는 소음기 형상을 제시하였다.

석광원 등^[8]은 K-7의 사격음 계측 기법에 관한 연구를 하였다. 이때 소음총으로 부터 1~8m 떨어진 곳에서 중심주파수 대역별로 측정된 사격음을 제시하는 등 소음총의 성능평가에 대한 계측 방법 및 데이터 분석 방법을 제시하였다. 그러나 실제 거리별, 방향별, 기상 조건에 따른 소음 특성에 대한 자료는 제시하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 K-7과 MP5의 거리별, 탄종별, 방향별, 사격 방법의 변화에 따른 소음데이터와 소음 특성을 실험적 방법으로 조사하였다. 그리하여 K-7의 사격음 특성에 관한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 끝으로 s차세대 소음총 개발과 기존의 소총에 대한 효과적인 전술적 운용을 위한 자료로 활용 될 수 있기를 기대한다.

2. 실험

가. 사격음의 발생 과정

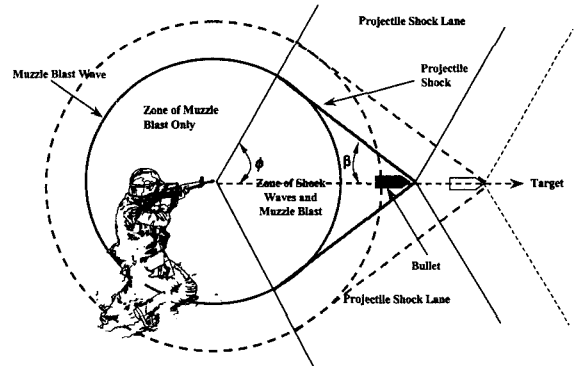
소총 사격시 발생하는 사격음의 대부분은 총구에서 발생하는 총구소음(gun muzzle noise)은 총구 주위의 압력 유동현상 및 탄자의 이탈 원인으로 발생하는 것으로 알려져 있다.

이때 총구소음은 크게 3가지의 발생 원인이 있다. 첫째, 탄자가 총열 내에서 총구까지 이동할 때 탄자의 앞쪽에 있는 공기를 압축하면서 총구를 이탈하게 되는데, 이때 압축된 공기가 총구에서 분출하면서 발생시키는 전조압력파

```
(precursor pressure wave)
```

가 총구 주변에서 양(positive)의 음파(sound wave)를 발생시킨다. 그리고 이 음파는 시간에 따라서 지수함수적으로 감소하게 된다. 둘째, 탄자 이탈시 발생하는 파열음이다. 셋째, 탄자가 총구를 이탈한 후 추진가스의 팽창에 의한 팽창충격파이다. 이 충격파가 사격음의 주요 발생요인이며 전파형태는 전조압력파와 유사하다.^[9]

추진가스 팽창충격파는 초기에는 탄자보다 앞서 진출하지만 빠른 발산으로 인해 음속에 가깝게 속도가 떨어지게 되고, 총구로부터 수 cm 내에 탄자가 팽창충격파를 앞지르게 된다. 이때 전조압력파, 팽창충격파, 탄자 파열음은 전파형태는 유사하다. 그리고 총구



[그림 2] Footprint of muzzle blast and shock waves highly idealized at two times after firing of supersonic bullet

로부터 초음속 탄자의 이탈로 인한 소리의 영역은 총구폭풍(muzzle blast), 탄자 파열음, 탄자 파열음과 총구폭풍의 중첩된 부분으로 볼 수 있다. 그러나 이에 대한 많은 음향학적 연구에도 불구하고 탄자 파열음과 중첩된 총구폭풍과는 와류(vortex flow)에 의한 분산이 발생하기 때문에 이론적 해석이 미흡한 실정이다.

한편, 총구소음은 그림 2에서 보는 바와 같이 총구에서 일정한 거리만큼 떨어진 곳에서 원추 형태(cone shape)의 파열음이 발생한다^[10]. 이때 추진가스 팽창에 의한 팽창 충격파 구형(sphere shape)의 접선이 다. 이때 구형인 탄자 파열음의 내각 β 는 식 (1)과 같이 탄자속도에 의해 결정된다.

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\sqrt{M^2 - 1}} \right) \quad (1)$$

여기서 M은 탄자 속도를 마하수(Mach Number)로 환산한 값이다.

또한 소총의 총구로부터 폭풍파와의 접선과 이루는 각 ϕ 는 식 (2)와 같다.

$$\phi = \tan^{-1} \sqrt{M^2 - 1} \quad (2)$$

참고로 탄자의 속도가 $M \geq 1$ 인 경우에는 식 (1)과 식 (2)의 적용이 가능하지만, K-7과 같이 탄자의 총

구속도가 $M \approx 0.93$ 인 경우에는 총구속도가 초음속인 일반소총에 비해 팽창충격파와 전조압력파의 세기가 작을 것으로 사료된다. 또한 탄자가 아음속으로 비행하기 때문에 비행시 탄자 전면부에서 발생하는 경사 충격파가 발생하지 않기 때문에 일반소총에 비해 소음이 작게 발생할 것으로 예상된다.

나. 사격음 정의

소리는 공기의 압력 변화가 인간의 고막에 가해질 때 느끼게 된다. 이와 같이 소리로서 느끼게 되는 최소음압(minimum sound pressure) P_{ref} 은 주파수가 1kHz인 경우에 $20\mu\text{Pa}$ 이다. 따라서 소리의 크기는 이 음압의 크기에 비례하여 들리게 된다. 인간의 소리에 대한 감각은 로그 척도에 대응하므로 소리의 크기는 최소 음압을 기준값으로 한 로그 척도, 즉 음압 레벨(sound pressure level, SPL)로써 식 (3)과 같이 정의하였다. 이때 음압 레벨은 단위 면적당 소리에 의해 가해지는 힘의 크기를 나타낸 것이다.

$$\text{SPL} = 20 \cdot \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P(t)}{P_{ref}} \right) dt \quad (3)$$

여기서, T 는 사격음의 계측 시간, SPL은 임의의 음압 레벨이며 이 값은 귀가 느끼는 음압의 정도와 다르다.

소음은 음압뿐만 아니라 주파수나 수음자의 심리적 상태에 따라서 다를 수 있지만, 본 연구에서는 단순히 가청주파수(20~20,000Hz) 범위 내에서 K-7과 동급인 MP5의 소음을 측정하였다.^[11]

그렇지만 본 연구에서는 귀의 특성을 고려한 A-weighted된 소음원의 강도, 즉 음압 강도를 측정하였다. 음압강도란 소음원이 음의 형태로 방출하는 에너지의 척도를 나타내며, 식 (4)와 같이 음압강도(Sound Power Level, SWL)를 정의하였다.

$$\text{SWL} = 10 \cdot \log \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) \quad (4)$$

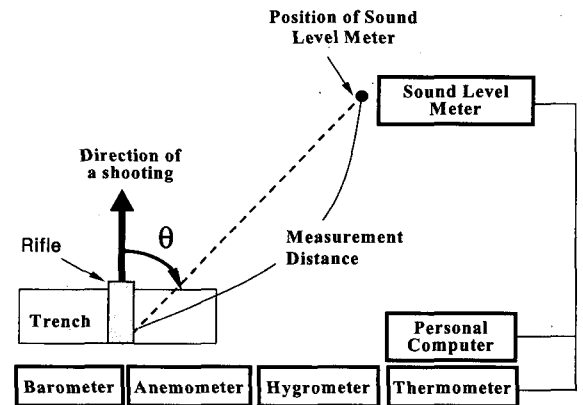
여기서 $W_{ref} = 10^{-12} \text{ Watt}$ 이고, W 는 소음원이 내는 음의 power[dB]이다. 참고로 SWL을 이는 것은

소음원을 이해하고 제어하는데 편리하며, 주변공간에 어떤 음압의 분포를 예측하는데 중요하다.

다. 실험 장치

그림 3은 K-7과 MP5SD6(이하 MP5로 칭함)의 사격음을 측정하기 위한 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용한 주요 실험 장치는 디지털 소음측정기, 데이터처리용 퍼스널컴퓨터, 온도계, 기압계, 풍속계, 습도계로 구성되어 있다. 그리고 소음계의 정확한 위치를 선정하기 위해서 광파측량기(1030R, SOKKIA사)를 사용했으며 실험 전에 각 장비에 대한 신뢰성을 보장하기 위하여 보정장비를 사용하여 보정하였다. 이때 사격음은 KSC-1502규격에 적합한 디지털 소음측정기(SC-15C, CESVA사)를 사용하였으며, 측정범위는 26.5dB~137dB이고, 측정오차는 $\pm 1.0\text{dB}$ 이다.^[12]

기상조건의 변동에 따른 음의 전파에 미치는 영향을 분석하기 위해 기온, 습도, 풍속을 측정하였다. 먼저 기온은 K형 열전대를 사용하는 기온계(HHM25, OMEGA사)를 사용하였으며 측정오차는 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 이다. 그리고 기압계는 정밀도가 $\pm 0.2\text{mmbar}$ 인 기압계(MANA사)로 실시간 기압의 변화를 측정하였으며, 풍속은 마이크로 마노미터(FCO510, FURNECE사)를 활용하여 측정하였다.



[그림. 3] Schematic diagram of experiment apparatus

라. 실험 방법 및 조건

소음측정에 관한 모든 실험 방법은 환경부에서 적

용하고 있는 소음·진동규제법 제7조의 규정을 준용하여 측정하였다. 먼저 사격음을 측정하기 전에 암소음(background noise)을 측정한 후 대상소음인 사격음을 측정하였다. 이와 동시에 소음측정에 영향을 주는 풍속과 기온 그리고 습도를 측정하였다. 이때 바람에 의한 측정오차를 최소화하기 위해 소음계의 마이크로폰(microphone)에 방풍망(anti-wind screen)을 설치하여 측정하였다. 또한 소음계의 마이크로폰은 측정위치에 삼각대(1.5m 높이)를 설치한 후 측정자의 몸으로부터 50cm 이상 이격시켜 측정하였다. 그리고 소음계의 마이크로폰은 주소음원(총구) 방향을 향하도록 하였다.

또한, 측정 장소는 진동이 없으며 전자장(대형 전자기계, 고압선 근처 등)의 영향을 받지 않은 곳을 선택하였다. 그리고 측정시 소음계의 청감보정회로는 A특성에 고정하여 측정하였으며, 소음계의 동특성은 빠름(Fast)을 사용하여 측정하였다.^[13]

본 실험에서 측정한 모든 음압강도는 암소음 보다 10dB(A) 이상 더 크다. 따라서 암소음의 영향이 극히 작기 때문에 암소음의 보정 없이 측정된 소음을 대상 소음으로 간주하였다.^[14] 이때 단발사격은 3회 측정값을 평균한 값을 측정값으로 간주하였으며, 연발사격은 15발을 연속적으로 사격하였을 때 측정값을 유효값으로 인정하였다. 그러나 연발사격시 소음도가 5dB 이상 편차가 있는 경우는 다시 측정하여 측정값을 구하였다. 이때 모든 실험은 암소음이 47dB 이하일 때 측정하였으며, 풍속은 0~3.3m/s 이었다. 그리고 기온은 10℃에서 영하0.3℃, 습도는 49.2%~2.1% RH이었다.

이와 같은 방법으로 구경(9mm) 및 사거리(약150m) 그리고 각종 무기의 재원이 K-7과 비슷한 MP5를 비교 측정하였다. 그리하여 K-7의 사격속도, 사격장소, 주·야간사격, 거리 및 방향에 따른 소음 전파 특성을 실험적으로 구명하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

가. 거리 및 사격방법에 따른 사격음 특성 비교
그림 4는 기온과 기압 그리고 상대습도가 각각

10.2±1℃, 1014.8mmbar, 49.2%일 때, 단발사격시 측정거리의 변화에 따른 K-7과 MP5의 음압강도(SWL)를 나타낸 그림이다.

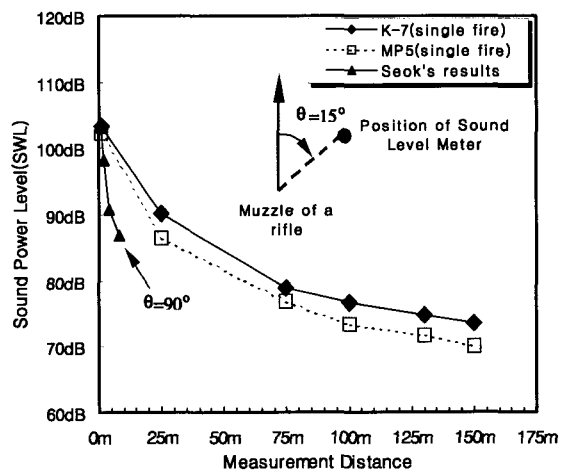
본 실험 결과는 석광원등^[7]의 연구결과와 잘 일치함을 알 수 있다. 그러나 측정거리가 멀어질수록 음압강도의 차이가 심하다. 이는 석광원 등의 연구에서는 측정각도가 90°이며, 기상조건과 사격장의 지형이 다르기 때문으로 추측된다.

그림에서 소총의 종류와 상관없이 SWL은 측정거리 100m까지는 급격하게 감소하다가 그 이상에서는 감소폭이 작게 나타났다. 왜냐하면 음압강도는 음원으로부터 거리의 제곱에 반비례하기 때문이다.

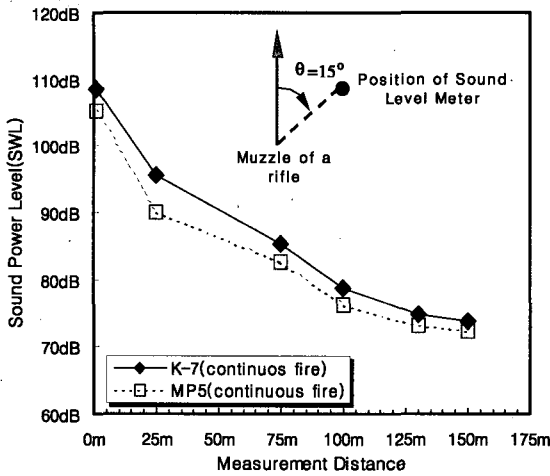
한편 음파의 반사물이 없는 자유음장(free sound field)에서 측정한 SWL은 소총의 사격과 같은 무한평면의 반사면위에 놓여있는 경우보다 약 3dB 정도 작은 것으로 알려져 있다.^[15] 따라서 넓은 들판이나 해안과 같은 개활지에서 소총의 사격음은 본 연구에서 제시한 SWL에 3dB을 더하면 거의 맞다.

그림 5는 그림 4와 같은 조건에서, 단발사격과 연발사격시 사격음의 차이를 비교하고자 연발사격시 음압강도를 비교한 그림이다.

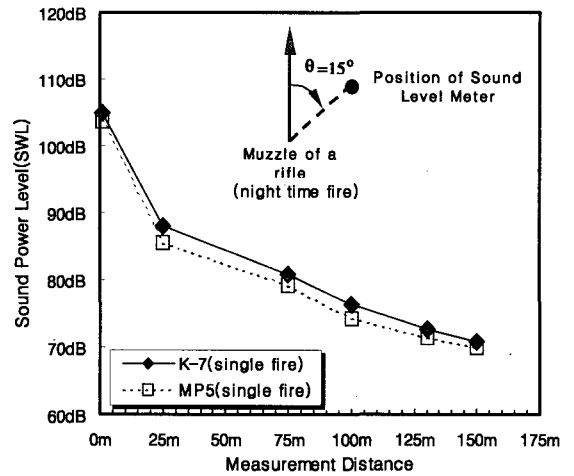
K-7과 MP5의 SWL은 총구로부터 75m까지는 급격히 감소하다가 75m 이상 떨어진 곳에서는 감소폭이



[그림 4] Sound Power Level versus Measurement Distance for the single fire of K-7 rifle and MP5 rifle



[그림 5] Sound Power Level versus Measurement Distance for the continuous fire of K-7 rifle and MP5 rifle



[그림 6] Sound Power Level versus Measurement Distance for the single fire of K-7 rifle and MP5 rifle

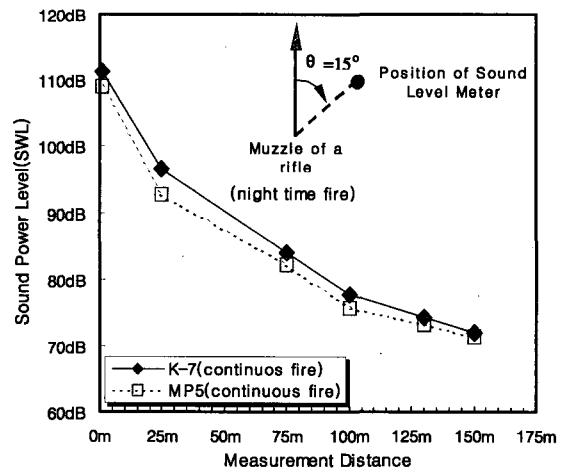
매우 작음을 알 수 있다.

또한 전체적인 소음이 K-7에 비해 MP5가 평균 3dB정도 컸다. 이는 MP5는 비관통탄약을 사용했기 때문에 총구속도가 보통탄을 사용한 K-7에 비해 상대적으로 느리기 때문이다. 따라서 K-7 소음기의 성능이 MP5에 비해 더 우수한 것으로 판단된다.^[16]

그림 6은 기온이 $10.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$, 기압이 1014.3mmbar, 상대습도 92.1%일 때, 단발사격시 측정거리의 변화에 따른 K-7과 MP5의 음압강도를 나타낸 그림이다.

그림에서 보는 바와 같이 K-7과 MP5의 SWL은 측정거리에 따라서 급격히 감소한다. 특히 주간사격시 보다 SWL가 약 3dB 높게 나타났으며, 측정거리가 멀어짐에 따라서 더 크게 감소하였다. 이는 주간에 비해 야간에는 습도가 높아져서 소음 전파의 매질인 공기의 밀도가 더 크기 때문으로 사료된다. 또한 주간에는 지표면으로부터 반사되는 복사열에 의하여 일반적으로 지표면 부근의 공기 온도가 높은 고도에 있는 공기온도보다 더 높다. 그 결과 소리는 음원으로부터 멀어질 수 록 상공으로 굴절(refraction)되기 때문에 지표면으로부터 1.5m 높이에서 측정된 소음은 야간보다 더 작다.

따라서 야간사격시에는 주간사격시 보다 약 10m이상 더 멀리서 사격을 하여도 동일한 소음효과를 얻을

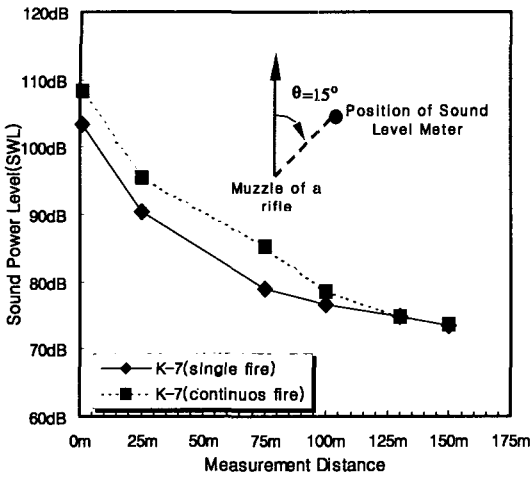


[그림 7] Sound Power Level versus Measurement Distance for the continuous fire of K-7 rifle and MP5 rifle

수 있다. 이러한 경향은 연발사격인 경우에도 그림 7과 같이 거의 같음을 알 수 있다.

그림 8은 K-7의 단발사격과 연발사격을 비교한 그림이다. 그림에서 전체적인 소음 특성은 단발사격시와 거의 비슷하지만 평균 약 3dB 소음이 더 크다.

이는 연발사격인 경우에는 총구에서 전조압력파와



[그림 8] Sound Power Level of K-7 rifle versus Measurement Distance in case of the single and continuous fire

평창파 그리고 탄자의 파열음이 약 0.54ms의 짧은 시간 내에 연속적으로 겹쳐져서 음파의 강도가 증가하기 때문에 사료된다.

나. 탄종별 사격음 특성 비교

그림 9는 측정거리 75m에서 K-7과 MP5의 탄종별 사격음을 비교한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 K-7에 보통탄을 사용했을 경우에는 MP5에 비해 약 2dB 정도 컸다. 그러나 K-7에 MP5용 비관통 탄약을 사용하면 오히려 MP5에 비해 3dB정도 작음을 알 수 있다.

따라서 K-7의 소음기가 더 우수한 것으로 판단된다. 그러나 이는 가청주파수 영역에 대한 SWL이기 때문에 수음자의 가청소음은 현저히 다를 수 있다. 따라서 차후 소총 개발시 주파수 대역별 감음효과를 고려해서 제작해야 할 것으로 사료된다.

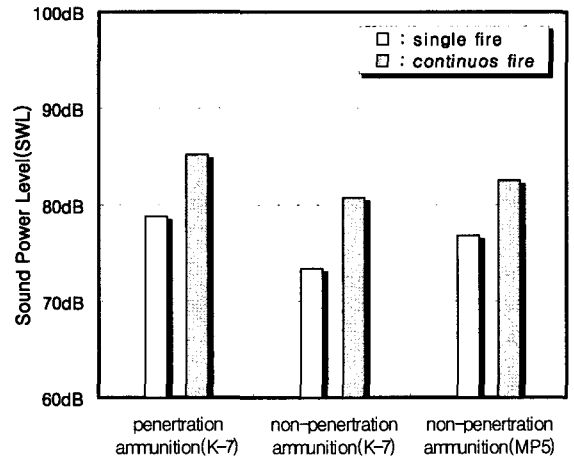
다. 방향별 사격음 특성 비교

그림 10은 그림 5, 6과 같은 기상조건하에서 K-7의 단발 및 연발사격시 사격각도의 변화에 따른 음압 강도를 나타낸 그림이다.

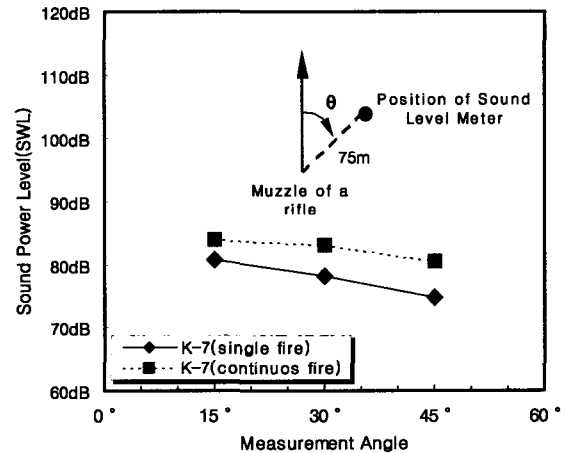
소음총은 사격음의 발생을 최소화 시켜 적으로부터 사수의 위치를 노출시키지 않아야 한다. 이 때문에

본 실험에서는 흔히 전술적으로 예상되는 상황을 고려하여 총구로부터 75m떨어진 곳에서 측정각도 θ 를 각각 15°, 30°, 45°로 변화시켰을 때, 소음총의 음압 강도를 측정하였다

그림에서 보는 바와 같이 측정각도가 증가함에 따라서 사격 방법과 상관없이 소음이 감소한다. 특히 측정각이 30° 증가하면 단발사격인 경우에는 약



[그림 9] Sound Power Level with a variable ammunition at the distance from the muzzle of K-7 rifle to the measurement location is 75m



[그림 10] Sound Power Level of K-7 rifle with a variable measurement angle

7%(6dB), 연발사격인 경우에는 약 4%(3.6dB) 감소하였다. 이러한 현상은 총구에서 전파되는 추진가스의 팽창에 의한 충격파와 비행중 탄자로부터 발생하는 비행음파는 측정각도가 작을수록 크기 때문에 판단된다.^[17] 그리고 특히 K-7과 MP5는 구경이 소화기 탄약에 비해 크기 때문에 비행시 탄저부근의 난류(turbulent flow)에 의한 난류경계층(turbulent boundary layer)이 더 많이 발생한다.^[18] 그리하여 탄저 후방에 와류(vortex)가 연속적으로 발생하여 짧은 시간 내에 주기성을 갖는 소음이 발생하지만 실험여건상 주파수별 소음을 측정하지 못했다.

4. 결론

K-7소음기관단총과 MP5소음기관단총에 대한 소총으로부터 떨어진 거리의 변화와 사용 탄약의 종류 그리고 방향에 따른 소음특성을 실험적 방법으로 구명한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, K-7소음기의 감음성능이 MP5보다 더 우수하다. 그러나 이는 가청주파수에서 측정된 것이므로 실제 수음자가 느끼는 소음을 차이가 있을 수 있다. 따라서 차후 K-7계열 개발시 주파수 대역별 감음효과를 고려해야 한다.

둘째, K-7은 단발 및 연발사격시 표적으로부터 각각 75m이상, 100m이상에서 사격한다면 소음효과가 크다. 또한 야간사격시 주간사격에 비해 약10m이상 더 멀리서 사격을 해도 동일한 소음효과를 얻을 수 있다.

셋째, K-7 사격시 사격방향과 수음자 사이의 각도를 30° 이상이 되면 소음이 급격히 감소한다.

끝으로, 본 논문에서 제시한 소음총의 폭발소음에 관한 기초 데이터는 차세대 소음총 개발과 K-7의 효과적인 전술적 운용에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Harold W. Lord, Noise control for engineers,

McGraw-Hill, 1980.

[2] <http://guns.connect.fi>
 [3] <http://www.soundmoderators.co.uk>
 [4] 심철보, “9mm소음기관단총(K-7)기술시험평가업무 소개”, 국방품질지 제14호, pp.43~48, 2002.
 [5] K-7기술교범, K9(1)-1005-302-12/P, 2002.
 [6] 오병완외 3인, “M16소총 사격음의 음향학적 특성 분석 및 청력 감소 방지책”, 화랑대연구소 연구보고서, 1992. 3.
 [7] 김종옥, “K-2 소총용 소음기의 설계 제작 및 감음 효과에 관한 실험적 연구”, 군사과학대학원 석사학위 논문, 1999. 1.
 [8] 석광원의 4인, “소음기관단총의 충격소음 측정기법에 관한 연구”, 한국군사과학기술학회 추계학술대회논문집, pp.505~508, 2000.
 [9] Dumond, J., et al, “A determination of the wave forms and law of propagation and dissipation of ballistic shock waves”, JASA, Vol. 18, No. 1, July 1946.
 [10] 오병완외 3인, “M16소총 사격음의 음향학적 특성 분석 및 청력 감소 방지책”, 화랑대연구소 연구보고서, 1992. 3.
 [11] 조기호, “소음의 주관적 인식과제에 관한 고찰”, 한국소음진동공학회지 제5권 제4호, pp.473~481, 1995.
 [12] 김용채외 3인, “소음계 교정 자동화 시스템 개발 및 성능평가”, 한국소음진동공학회지 제8권 제5호, pp.879~886, 1998.
 [13] 홍진석, “구조물에서 방사되는 소음을 저감하기 위한 능동구조 음향제어”, 대한기계학회논문집 A권, 제25권 제9호, pp.1410~1415, 2001.
 [14] 소음·진동규제법시행규칙 제6조, 2002.
 [15] L. E. Kinsler, A. R. Frey, Fundamentals of Acoustics, John Willey & Sons, Inc.
 [16] 임병덕, “방음벽의 원리”, 한국소음진동공학회지 제3권 제3호, pp.192~198, 1993.
 [17] 生井武文, 衝擊波の力學, コロナ社, 1983.
 [18] Schlichting, Boundary-layer theory, McGrawHill, 1978.