

# 화포용 소음기 개발을 위한 실험적 고찰

## An experimental consideration for Muffler development

이해석† · 조연식\* · 김응수\* · 최시홍\* · 김상민\* · 김구일\*

Hae-suk Lee, Yon-Shick Joe, Eung-soo Kim, Si-hong Choi, Sang-min Kim, Koo-il Kim

### 1. 서 론

국방과학연구소 안흥시험장에서는 사격시험 진행시 발생하는 소음에 의한 인근주민의 민원을 저감하고자 다각적인 소음저감 방안을 수립하고 있다. 그중 화포소음에 가장 큰 영향을 미치고 있는 탄자 이탈 후 추진가스 팽창에 의한 팽창충격파를 제어하는 방안으로 화포용 소음기에 대한 설계연구를 진행하고 있다. 화포용 소음기 개발을 위한 가장 중요한 설계인자로는 소음저감 효과외에 시험 진행시 획득되는 포구속도, 사거리, 주퇴력 등이 소음기 장착 전, 후 차이가 발생되지 않아야 한다. 이는 시험장 특성상 소음기를 적용하는 시험품목이 주로 정부에서 의뢰하는 수락시험과 업체에서 의뢰되는 기술용역 시험 등으로 구성되어 있기 때문이다. 이와는 별도로 소음기를 적용하는 곳이 군 훈련장이라면 위에서 언급한 소음저감효과외의 설계인자에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 본 논문에서는 155mm 곡사포용 소음기 설계를 위한 1단계로서 40mm K40 화포에 적용되는 소음기 Type 1에 소요되는 제반 설계기술과 시험장에서 소음기를 적용하여 사용할 경우 시험규격을 충족시킬 수 있는 소음기 설계방안을 제시하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 3차원 음파방정식

소음이 발생하는 임의의 3차원 공간에 위치한 미소체적에 대한 질량보존 법칙에 의하면, 단위 시간당 미소체적의 질량의 증가는 그 미소체적의 표면을 통해 들어오고 나가는 단위 시간당 질량과

같다. 편의상 들어오고 나가는 단위 시간당 질량을 고려하여 다음과 같이 쓸 수 있다.<sup>[1]</sup>

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} dV = \left( \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) dV = \nabla \cdot \rho \vec{u} dV \quad (1)$$

과같이 표현할 수 있다. 여기서,  $\vec{u} = (u, v, w)$ 이다. 식(1)에 질량보존의 법칙을 적용하여 운동량 보존식은 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \rho \vec{u} (\nabla \cdot \vec{u}) + (\vec{u} \cdot \nabla) \rho \vec{u} + \rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} - (\vec{u} \cdot \nabla) \rho \vec{u} \\ = \rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \rho (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} \\ = \rho \frac{D\vec{u}}{Dt} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서,  $\frac{D}{Dt}$ 는 전미분(total derivative), 혹은 물질미분(material derivative)을 표현한다. 결과적으로, 힘과 운동량의 균형은  $\rho \frac{D\vec{u}}{Dt} = -\nabla p$ 와 같이 정리된다.

#### 2.2 화포용 소음기 설계 및 측정방법

40mm K40용 Type 1 소음기는 시험 진행시 다각적으로 소음효과를 확인하기 위해 소음기 중앙에 플랜지가 끼워질 수 있는 형태로 설계하여 소음기의 체적이 증가(+100mm, +200mm)될 수 있도록 하였으며 탄자가 이동하는 출구각을 0도와 +4도로 가변 할수 있도록 하여 소음기 내부 압력변화에 따른 소음감소 특성을 확인하고자 하였다. 소음기에 대한 효과를 확인하기 위해 반경 4m, 8m, 12m, 20m, 200m구간에 음압측정용 센서를 설치하여 소음기 장착 전, 후의 소음을 측정하였으며, 소음기 자체의 안전성 분석을 위해 챔버(Chamber)내부에 압력센서(8개소)를 설치하여 압력값을 측정하였다. 그림 1은 40mm K40에 설치된 화포용 소음기 형상을 나타낸 것이며 표 1은 소음기의 주요 사양을 나타낸 것이다.

† 교신저자; 국방과학연구소 종합시험단  
E-mail: 7501lee@hanmail.net  
Tel: 041-671-2161, Fax: 041-673-1122

\* 국방과학연구소 종합시험단

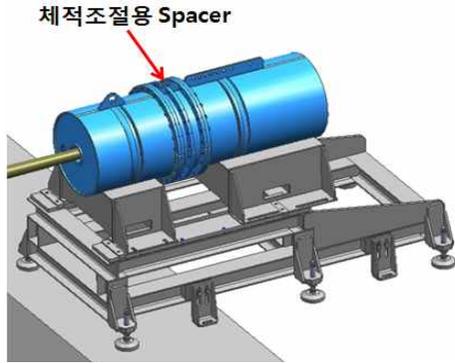


Figure 1. A muffler adapted to 40mm K40

Table 1. Main Parts for Gun Muffler

구분	사양	
형상	외형	2,017(가변)×1,018×1,058(mm)
	중량	948kg
구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 챔버 : 4개소</li> <li>· 베이스</li> <li>· 압력센서 조립공</li> <li>· 포신 삽입공</li> <li>· 들기 고리(무게중심 조절)</li> <li>· 지게차 포크 삽입공</li> </ul>	
기능 및 성능	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 소재 : SM490</li> <li>· 챔버 내경 : 600mm</li> </ul>	

### 2.3 시험 결과

포구에서 이격된 위치에서 측정한 소음자료를 분석한 결과 500Hz이하에서는 소음기를 장착했을 때 소음이 크게 감소한 것으로 확인되었으나 500Hz~7,000Hz 사이에서는 대체적으로 소음기를 장착 했을 때와 장착하지 않았을 때의 값이 거의 비슷한 것을 확인할 수 있다. 이는 소음기 장착 후 포구주위 200m구간의 저주파 영역에서는 소음저감을 위한 큰 역할을 하지만 고주파영역에서는 소음기의 역할을 거의 하지 않는 것을 알 수 있다.

주퇴력의 경우 소음기를 장착하지 않았을 때의 주퇴력이 약20kN이 발생되나, 소음기를 장착 했을 때의 주퇴력은 약 30kN으로 10kN이상 증가되었음을 확인할 수 있었다. 이는 소음기를 장착하게 되면 전조 압력과, 탄자 이탈 시에 발생하는 과열음 및 포구 이탈한 후 추진가스의 팽창에 의한 팽창 충격과등이 대기로 쉽게 분산되지 못하고 소음기 내부

에서 반력으로 작동하여 주퇴력을 상승시키는 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.<sup>[2]</sup> 그림 3은 소음기 장착 전후의 소음저감 효과를 나타낸 것으로 소음기 장착후 약 10dB가량 저감된 것을 확인할 수 있다.

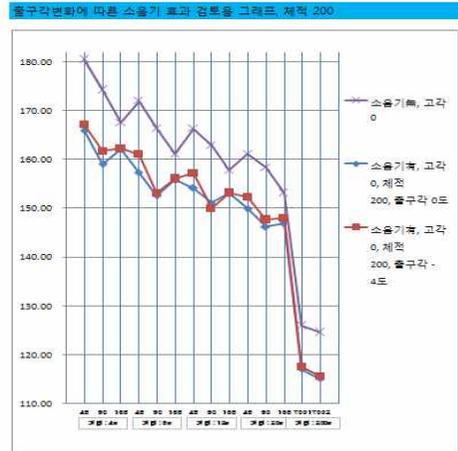


Figure 2. A reduction of noise by muffler

### 3. 결 론

본 연구에서는 사격 시 발생하는 충격소음을 저감하기 위해 40mm K40 포구 전방에 소음기를 설치하여 소음저감 효과를 확인하였다. 소음기 설치후 약 10dB정도의 소음저감 효과가 발생되나 일정구역의 고주파 영역에서는 소음감소가 적게 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 포구속도와 사거리에서는 기준값에 대하여 약간의 차이가 발생되었으나 주퇴력에서는 많은 차이를 보였다. 이에 대한 해결방안으로는 추진가스의 팽창 충격과 특성을 고려하여 압력과의 영향을 최소화 할 수 있는 소음기 개발이 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해 포구 전방에서 발생하는 압력과의 유동현상 연구에 대한 세심한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 김양한 “음향학 강의” 2008. 02, 청문각, pp 243~247
2. Dumond, J., et al, "A Determination of the Wave Forms and Laws of Propagation and Dissipation of Ballistic Shock waves", JASA, Vol 18, No. 1, July 1946