



특집

국방기술에서의 소음진동

총포 사격시 발생하는 충격소음에 대한 연구 동향

강국정, 안상태, 최의중*, 홍석균

(국방과학연구소)

1. 머리말

소음은 물리적 현상에 의해 발생하는 소리 가운데 사람이 불쾌하게 느끼는 소리를 의미한다. 총포 사격시에 발생하는 소음은 일반생활에서 발생하는 소음과는 달리 높은 수준의 소음이 아주 짧은 시간 동안 발생하는 특성을 갖는다. 따라서 총포 사격시에 발생하는 소음은 일반적으로 140 dB 이상의 소음이 1초 이상의 간격으로 발생하기 때문에 충격소음으로 표현하며, 높은에너지, 짧은 지속시간, 저주파특성, 강한 방향성 및 원거리 전파 등의 특성을 갖는다.

총포 사격시 폭풍파(blast wave)의 형태로 전파되는 과도한 수준의 충격소음이 발생한다. 충격소음은 무기 체계의 포구에너지 증대 추세에 따라 그 수준이 계속적으로 증가하고 있다. 과도한 수준의 충격소음은 운용자에게 치명적인 영향을 미칠 수 있으며, 인근 주거 지역에 청각 소음 등 여러 가지 환경 문제를 야기시킬 수 있다.

최근 국내의 군 사격장에서 사격 소음으로 인한 주민들과의 갈등은 여러 가지 법적인 문제 및 민원을 야기시키고 있는 실정이다. 따라서 총포 사격시에 발생하는 소음수준을 해석하고 평가하며 소음을 저감시킬 수 있는 기술적 방안에 대한

연구가 필요하다.

국내에서는 총포 사격시의 충격소음에 대한 연구가 많이 진행되지 않고 있으나, 최근에 와서 이에 대한 해석, 평가 및 저감방안 등에 대하여 많은 연구가 시도되고 있다.

총포 사격시의 충격소음에 대한 연구는 일반적으로 수치해석연구와 실험연구로 나눌 수 있다. 수치기법에 의한 전산해석 연구는 화포 사격시의 폭발유동장에 대한 해석을 통하여 주변 유동장의 특성을 분석하고 원거리까지 전파되는 특성을 해석한다. 실험연구는 실사격을 수행하여 소음을 계측하고 그 특성을 분석한다.

이 글에서는 총포 사격시 발생하는 충격소음에 대한 전산해석 및 실험 연구의 현황에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

2. 충격소음 연구동향

총포 사격시 포구에서 팽창하는 추진가스는 소음원 주변에 폭풍장을 만들게 된다. 폭풍장의 세기가 충분히 크게 되면 충격파(shock wave)가 생성되며, 그렇지 못한 경우에는 강한 음파의 형태로 분포하게 된다. 이와 같이 폭풍장에서 충격파가 생성되는 과정과 추진가스가 공기와 혼합되

* E-mail : cejung@paran.com / (042) 821-3158

는 과정에서 매우 큰 충격소음이 발생하게 된다.

총포사격 소음을 발생시키는 요인은 추진가스의 팽창에 의한 소음, 초음속으로 비행하는 탄두의 소닉붐 및 탄두가 표적에서 폭발할 때 발생하는 소음의 3가지로 나눌 수 있다.

총포 사격시 포강내 고온, 고압의 추진제 가스가 포구를 이탈할 때 추진가스의 팽창에 의해 주변 영역에 매우 높은 수준의 소음을 발생시킨다. 포강내에서 발생하는 폭발연소는 추진 가스의 급속한 팽창을 발생시키며, 탄두를 가속시키는 압력파를 생성하게 되는데 이러한 폭풍파가 소음으로 들리게 된다. 이 소음은 일반 소음과 달리 지속시간이 짧고 진폭이 큰 2가지 특성을 갖는다. 이것은 화기 소음의 주원인으로 작용하므로 소음을 낮추기 위해서는 소음감소 장치를 활용하여 대기로 분출되는 가스의 압력을 최대한 낮추는 것이 필요하다.

초음속으로 비행하는 탄두의 소닉붐(sonic boom)에 의해 또 다른 충격소음이 발생한다. 이것은 탄두의 초음속 운동 시 발생하는 공기파열음으로 초음속으로 진행되는 탄두가 공기벽을 뚫고 나갈 때 발생한다. 이 소음은 탄두가 포구에서 출발하는 포구속도를 음속 이하로 유지해야 줄일 수 있는 소음원이기 때문에, 소화기의 경우는 아음속탄을 사용하여 소음을 줄일 수 있으나,

대구경 화포는 이 소음을 효과적으로 줄이기가 매우 어렵다.

탄두가 표적에서 폭발할 때 발생하는 소음은 소화기의 경우는 중요하지 않으나, 대구경 화포의 경우 탄착지 부근에서 비교적 높은 소음을 발생시킨다.

충격소음을 발생시키는 3가지 요인 가운데 추진가스의 팽창에 의한 소음이 가장 지배적인 영향을 미치므로 소음저감을 위해 이 소음원을 줄이는 것이 필요하다.

총포사격시의 충격소음에 대한 수치해석연구와 실험연구의 현황에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

2.1 수치해석연구

총포 사격시 발생하는 소음장에 대한 분석을 위해 포구 유동장을 Schlieren 영상으로 촬영하여 유동장의 전반적인 특성을 분석하고 수치해석 결과와 비교하는 방법이 많이 시도되었다. 폭발 유동장을 충격파관으로 모델링하여 수치해석을 수행하고 특성을 고찰하는 연구가 시도되었다. 초음속 유동장의 충격파 생성과 과소 팽창된 제트 유동의 상호작용에 의해 난류와류가 형성되는 것을 고찰할 수 있다.

그림 2에는 포구 근방 영역($r/D=1$)에서 소음원으로부터의 거리 및 각도에 따른 압력장 계산 결과를 나타내었다. 대부분의 포구 유동이 포구 전면으로 나오기 때문에 폭풍파와 충격파가 포구 전면에서 형성되며 포구 전방영역의 압력이 측면에 비해 높게 나타나고 이러한 효과에 의해 충격소음의 방향성이 존재하는 것을 알 수 있다.

그림 3은 포구 전방 중앙영역에서의 시간에 따른 압력장 계산 결과를 나타내었다. 포구 근방 영역($r/D=1$)에서 초기에 강한 충격파가 생성되며 이후 마하디스크에 의해 다시 충격파가 생성되는 것을 고찰할 수 있다. r/D 가 1인 지점의 압력은

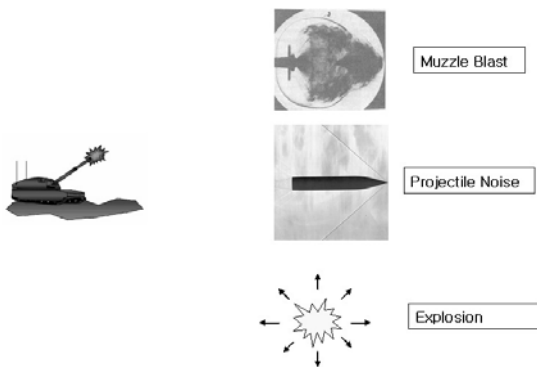


그림 1 충격소음 발생 요인

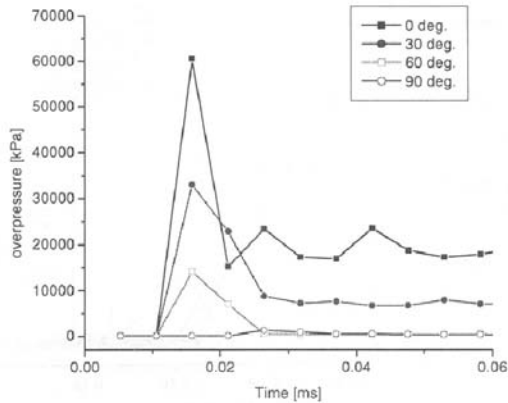


그림 2 포구전방 영역에서의 각도에 따른 압력분포

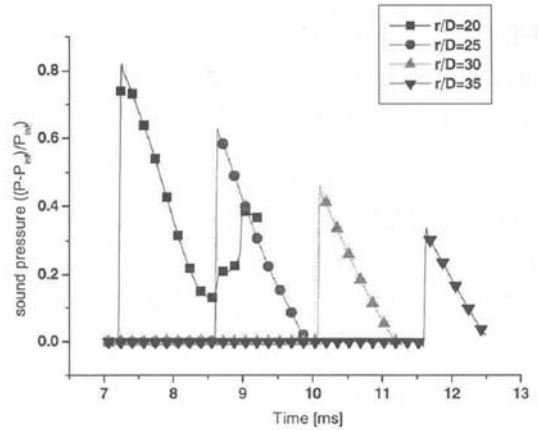


그림 4 CFD-CAA 연계해석 결과

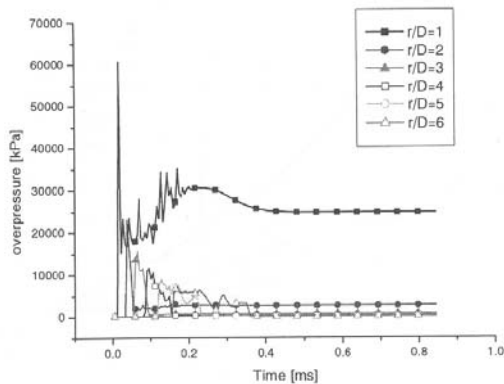


그림 3 포구전방 영역에서의 거리에 따른 압력분포

포구에서 나오는 폭발유동장이 음속조건으로 팽창할때까지 일정한 압력 수준을 유지하는 것을 알 수 있다. 포구에서 거리가 멀어질수록 각 지점에서의 압력은 충격파의 세기가 약해짐에 따라 점차 낮아지는 것을 알 수 있다.

화포 사격시 발생하는 소음은 원거리까지 저주파 성분이 감소되지 않고 전파되는 특성이 있으므로 원거리에서의 소음 수준을 예측하기 위한 소음 전파 모델을 수립하고 복잡한 지형에서의 사격 소음을 분석하여 사격 소음을 관리하는 연구가 독일에서 수행되었다. 소음 전파 모델을 수립하고 소음 분포 지도(LARMLAST)를 작성하여 사격 지점, 사격 형태, 사격 빈도 및 무기체계별 소음 전파 특성에 대한 자료를 종합적으로 분

석하였다⁽²⁾.

유동과 소음은 모두 Euler 방정식이나 Navier - Stokes 방정식을 풀어서 해를 구한다. CFD (computational fluid dynamics) 수치기법은 복잡한 형상의 물체에서 고온 고압 특성에 대한 해석이 가능한 반면에 소음장 해석시에는 음파신호의 크기가 CFD 기법의 수치적 예러와 그 크기가 비슷하여 적용이 제한되는 특성이 있다. 소음의 교란량은 유동의 교란량에 비하여 일반적으로 그 크기가 매우 작고 큰 웨이브 수를 가지므로 소음장의 해를 구할 때 많이 사용되는 CAA(computational aero-acoustics) 기법은 고차 고 해상도를 갖는 차이가 있다.

따라서 CFD와 CAA 2가지 수치기법을 연계시켜 폭발유동장 주변에서의 소음 방사 특성을 해석하는 연구가 시도되고 있다. 소음원 주변에서 상대적으로 높은 압력장이 형성되는 영역은 CFD 기법을 이용하여 해석하고, 소음원에서 이격되어 대기압보다 낮은 압력장이 형성되는 영역은 CAA 기법을 이용하여 해석하는 방법이다. 그림 4에는 CFD-CAA 연계해석기법으로 포구에서의 거리가 총포 직경의 20배인 지점에서 35배인 지점까지의 음압 분포를 계산한 결과를 나타내었다. 포구로부터의 거리가 멀어짐에 따라 음

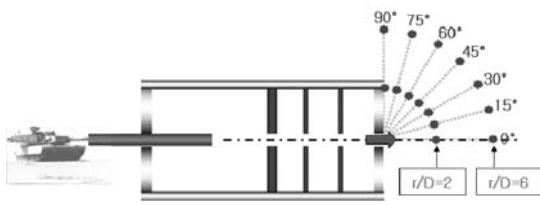
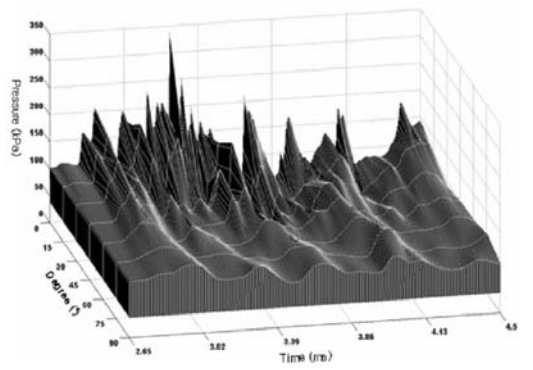
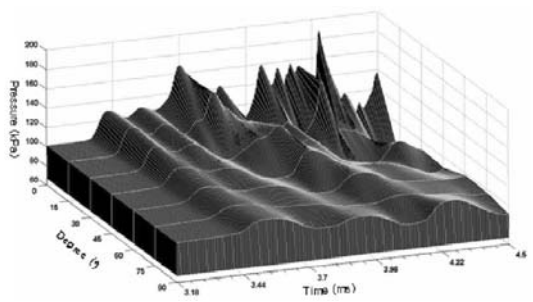


그림 5 소음기 적용모델



(a) r/D=2



(b) r/D=4

그림 6 포구전방 r/D=2,4에서의 압력분포

파가 도달하는 시간이 조금씩 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있으며, 소음원에서 거리가 멀어짐에 따라 각 지점에서의 최대 압력은 낮아지는 것을 알 수 있다.

그림 5와 같은 대형구조물 형태의 소음기를 적용한 모델에 대한 해석결과를 그림 6, 그림 7에 나타내었다. 총포 사격시 전방으로 진행되는 탄두의 영향으로 포구 전방 영역에서 강한 압력파의 섭동이 나타나는 것을 알 수 있다⁽³⁾.

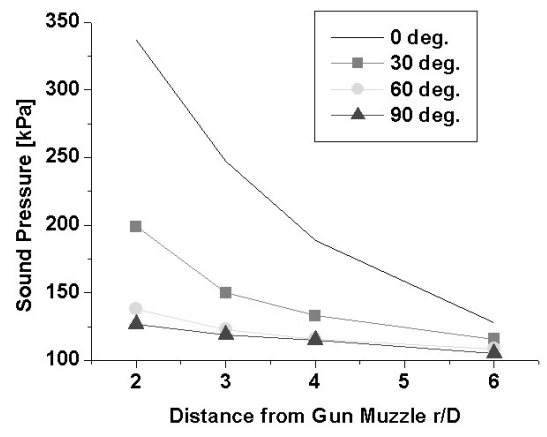


그림 7 포구전방영역에서의 거리 및 각도에 따른 압력분포

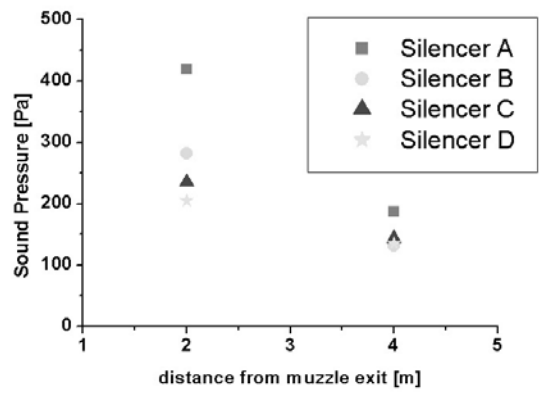


그림 8 소음기 유형별 음압 특성

2.2 실험연구

실험연구는 총포 사격시 발생하는 소음을 계측하여 소음수준을 분석하고 소음기 적용시의 소음저감 효과를 분석한다.


소음기에 의한 소음저감효과 연구는 주로 소구경 화기를 대상으로 많이 시도되고 있다. 대구경 화포 사격시 발생하는 고압수준에 대한 소음저감 수준을 고찰하기 위해서는 대용량의 소음기를 설계, 제작하여 시험을 수행하여야 한다. 그러나 중량이 수백 kg 수준인 소음기를 제작하여 시험을 하는 것은 대단히 소모적이며 많은 비용과 시간을 필요로 한다. 따라서 대구경 화포와 마하

수가 비슷한 초음속 유동장이 형성되며 유체역학적 상사 법칙을 만족하는 소화기를 대상으로 하여 실사격에 의한 소음기 효과를 평가하는 연구가 시도되고 있다⁹⁾.

그림 8에는 여러 가지 유형의 소음기를 적용한 경우의 음압 계측결과를 나타내었다. 소음기 종류별로 포구로부터의 거리에 따른 음압 특성을 고찰하였다.

3. 맺음말

이 글에서는 총포 사격시 발생하는 충격소음 분야의 연구현황에 대하여 기술하였다. 수치기법을 활용한 연구와 실사격에 의한 실험연구가 진행되고 있다. 충격소음에 대한 방사특성 해석, 원거리 소음전파 예측 모델과 소음저감 방안 도출을 위하여 수치해석기법과 실험을 복합적으로 활용한 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

이 분야에 대한 연구는 총포 사격시의 충격소음 문제에 대한 해결방안을 제시하기 위하여 더욱 많은 노력이 필요할 것으로 보인다. 이번 내용이 총포 사격시 발생하는 충격소음에 관심을 가진 많은 연구자들에게 도움이 되었으면 한다. 

참고문헌

- (1) Gunter, K. and Joseph, M.H., "Gun Muzzle Blast and Flash".
- (2) Steffen, P., 2003, "The Management of Shooting Noise in German Military Training Areas," The 32nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering.
- (3) Kang, K.J., Ko, S.H. and Lee D.S., 2008, "A Study on Impulsive Sound Attenuation for a High-Pressure Blast Flowfield," Journal of Mechanical Science and Technology (JMST).