한국동력기계공학회지 제18권 제5호 pp. 144-149 2014년 10월 (ISSN 1226-7813)
Journal of the Korean Society for Power System Engineering http://dx.doi.org/10.9726/kspse.2014.18.5.144
Vol. 18, No. 5, pp. 144-149, October 2014

155mm 화포의 소음기 설계 및 시험평가에 관한 연구
A Study on the Design and Testing of 155mm Howitzer Silencer

여철모* · 박성호*** · 이해석*** · 김영섭* · 정한식**† · 정효민****
Chul-Mo Yeo*, Sung-Ho Park***, Hae-Suk Lee***, Young-Seop Kim*, Han-Shik Chung**† and Hyo-Min Jeong****

(접수일 : 2014년 7월 23일, 수정일 : 2014년 9월 5일, 채택확정 : 2014년 9월 10일)

Abstract: The silencer of 155mm caliber howitzer is developed to reduce its firing loud noise. This kind of research of a large gun was seldom because its big firing noise does not make significant effect even if to use silencer. Nowadays, military facilities became closely located civilian residential area. The noise would be regarded environmental pollution. So the noise reducing research becomes reconsidered. The previous silencer researches were only dealt with small guns as pistols and rifles moreover their theories was not properly analyzed for a large caliber silencer. The reason was previous researches of a large caliber silencer as 155mm howitzer were limited because their data based on simulation results without actual test by using computational fluid dynamics. In this study, the entire processes of silencer of 155mm caliber howitzer which were design, manufacturing, actual firing test, and analysis of its theories, were performed and showed. In particular, the actual noise of with silencer and without was measured and the results were compared to analyze the effect of silencer.

Key Words : Silencer, 155mm Howitzer, 155mm Caliber Howitzer, Large Caliber Silencer

— 기 호 설 명 —

CFD : 전산유체역학
(Computation Fluid Dynamics)
SPL : 음압레벨(Sound Pressure Level)
TCC : 시험통제본부(Test Command Center)

1. 서 론

155mm 화포용 소음기는 구경(口徑) 155mm급 화포의 사격시 발생되는 소음을 줄이기 위한 장치이다. 독일을 비롯한 해외 몇몇 나라에서 일부 개발에 성공하여 상용화 단계에 이르렀지만 국내

**† 정한식(교신저자) : 경상대학교 에너지기계공학과
E-mail : hschung@gnu.ac.kr, Tel : 055-772-9115
*여철모, 김영섭 : 현대위아 주식회사
***박성호, 이해석 : 국방과학연구소 종합시험본부
****정효민 : 경상대학교 에너지기계공학과

**† Han-Shik Chung(corresponding author) : Gyeongsang National University.
E-mail : hschung@gnu.ac.kr, Tel : 055-772-9115
*Chul-Mo Yeo, Young-Seop Kim : Hyundai-Wia Coporation.
***Sung-Ho Park, Hae-Suk Lee : Defence System Test Center, Agency for Defence Development.
****Hyo-Min Jeong : Department of Energy & Mechanical Engineering, Gyeongsang National University

에서는 본 연구개발이 실 제작을 바탕으로 한 최초의 연구개발이라 할 수 있다.[1,2] 과거 국내 선(先) 연구개발자들에 의해 CFD를 활용한 해석수준의 연구개발이 수행되었었다. 하지만, 실제 제작과 사격시험을 병행한 연구개발은 제작비용과 운용의 어려움으로 인하여 수행할 수 없었던 것이다.[2,3]

이번 155mm급 화포용 소음기 연구개발은 군에서 운용중인 사격시험장 주변의 민간인들에 대한 소음공해 방지와 사격장내 운용인원들의 소음스트레스 방지를 위한 실질적인 대책의 일환으로서 실 제작 및 사격시험을 전제로 한 사업이었다.

약 2년 동안 수행한 본 연구는 155mm 화포용 소음기의 제작과정에서부터 사격시험수행, 그리고 결과분석까지 전과정을 총망라하여 기술하였다.[4]

2. 소음기 설계 및 제작

155mm급 소음기는 전형적인 대구경 화포용 소음기에 해당된다. 대구경 화포용 소음기는 발사시 발생되는 압력과 초고속 개스 기류를 차단하기 위하여 거대한 구조물로 구성된다.

Fig. 1은 본 연구개발 과정에서 제작하여 활용한 국내최초 155mm 화포용 소음기이다.

Fig. 1 Silencer for 155mm howitzer

무게 감소를 위해 일반 상용철(Steel)보다 우수한 물성치를 가진 용접구조용강을 주요 소재로 적용하였다. Table 1은 일반적인 상용철과 소음기 제작시 적용한 용접구조용강의 항복강도를 비료한 값이다.

Table 1 Yield strength of material

Parameter	Value	Unit
SS400 (general steel)	215~245	N/㎟
SM490 (welded structural steel)	325~365	N/㎟

상대적으로 강성이 우수한 소재임에도 불구하고 3D Modeling에 의한 설계결과, 소음기의 자체 무게만 약 8 ton이 되었다.

소음기의 벽두께는 기본적인 원통용기 설계 계산과 구조해석을 통하여 16mm 두께를 적용하게 되었다.

Fig. 2에서와 같이 실 제작시 16mm 두께의 용접구조용강을 롤 밴딩하였으며, 접합부는 용접하는 방식으로 제작을 하였다.

Fig. 2 Bending & welding

소음기의 내부구조는 Fig. 3에서와 같이 3개의 공간으로 구성하였으며, 실 제작시에도 모델링과 동일하게 철판을 밴딩하여 구성하였다.

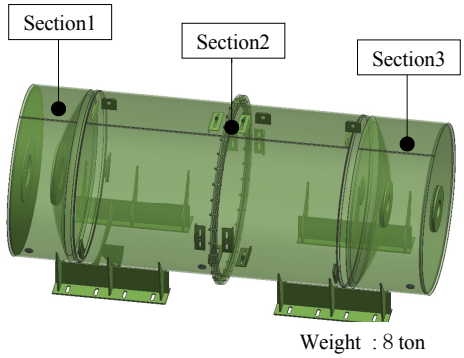

Fig. 3 Modeling of silencer

또한, 소음기의 소음효과를 높이기 위하여 소음기의 내/외부에는 흡음재를 장착하였다.

Fig. 4는 소음기의 내부에 적용된 흡음장치이다. 소음기 내부에 적용할 흡음재는 사격시 발생되는 압력과 고온의 초고속유동기류로 인하여 일반적인 고무나 Foam방식의 흡음재를 적용할 수 없었다.

이와 같은 사유로 강성과 내구성을 가짐과 동시에 흡음역할을 할 수 있는 재료를 필요하게 되었으며, 결과적으로 두꺼운 철재 메쉬(Mesh)를 밴딩하여 겹치는 방식으로 제작한 철재메쉬 구조물을 소음기 내부에 견고하게 부착되도록 볼트로 체결하였다.

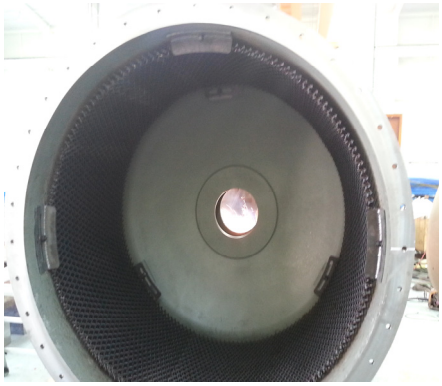

Fig. 4 Inner of silencer

Fig. 5는 소음기의 외부에 적용된 흡음장치이다. 소음기의 외부는 내부에 비해 상대적으로 압력과 사격유동기류의 영향이 작다. 하지만 사격시 발생되는 고온의 온도가 그대로 전해지는 악조건이 있었다.

고온에 변화가 없고 사격충격에 이상없도록 견고히 장착함이 중요하였다.

대안으로서 얇은 철판으로 거푸집을 제작하여 소음기 외부에 용접하여 부착하였으며, 그 속에 난연성 우레탄폼을 주입하는 방식으로 외부흡음재를 적용하였다.

Fig. 6은 가공공장 내에서 제작완료 된 155mm 화포용 소음기다. 최종 공정인 도장작업 전 상태이며, 작동테스트를 수행하고 있는 장면이다.

Fig. 5 Outer of silencer

Fig. 6 Finished making the silencer

155mm급 화포용 소음기 설계 및 제작 시 적용한 사항들을 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2 Design & production details

Parameter	Value	Unit
Material	Structure : SM490	
	Inner mesh : SS400	
Thickness	16	mm
Diameter	2	m
Length	4.4	m
Inside	Iron mesh	
Outside	Heat resistant polyurethan	

3. 사격 시험 및 결과

제작된 소음기의 소음효율 시험을 위해 총 2회의 사격시험을 수행하였다. 첫 번째 수행한 사격시험은 사격압력에 대한 소음기의 강성확인을 위한 사격시험이었으며, 별도의 음압측정을 하지 않았다. 사격시험 후 주요부위 치수검사와 전반적인 육안검사결과 강성에 대한 문제는 없는 것으로 판단하였다.

실제 시험데이터 확보를 위한 사격시험은 2차 사격시험이었다.

Fig. 7 Firing test in field

2차 사격시험시 최대소음이 발생하는 7호장약을 사용하여 사격시험을 수행하였다. 7호장약은 155mm 곡사포 사격시 최대 발사압력을 일으키는 장약(화약)의 양을 의미한다.

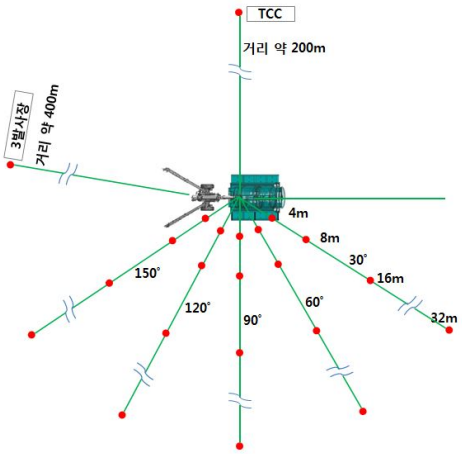

Fig. 8 The position of SPL sensors

Fig. 7은 2차 사격시험시 시험장에 설치된 소음기와 사격을 위해 장착된 155mm 곡사포의 사진이다. 주위에는 사격시험 간 음압측정을 위해 22개소의 음압측정센서를 설치하였으며, 각각의 설치 위치는 Fig. 8과 같다.[5)]

22개소의 음압측정센서에서 얻어진 음압은 실시간으로 사격시험 통제소의 제어컴퓨터로 송신되어 그 값을 확인 할 수 있었으며, 측정결과 값은 Table 3과 같다.

Table 3 Firing test results

Unit : [dB]

Sensor Location / State	4m					8m				
	30°	60°	90°	120°	150°	30°	60°	90°	120°	150°
With Silencer	174.32	166.76	167.51	170.0	175.45	170.84	164.63	163.37	167.0	166.63
Without Silencer	188.45	186.66	185.13	183.58	182.46	180.69	180.19	178.85	175.3	175.0

16m					32m					TCC	3발사장
30°	60°	90°	120°	150°	30°	60°	90°	120°	150°	TCC	3발사장
162.69	162.61	157.0	158.21	155.49	159.67	153.98	151.17	149.91	147.73	129.9	107.6
174.0	175.61	171.49	167.51	164.81	168.65	168.64	167.36	162.69	156.0	140.9	116.2

Table 3의 값과 Fig. 9의 결과와 같이 사격방향과 거리에 따른 측정위치별 음압값 및 감소량은 틀리다. 각 위치에 따른 차이는 소음기의 형상과 사격시 발생되는 압력파의 진행방향에 따른 편차로 추정된다.

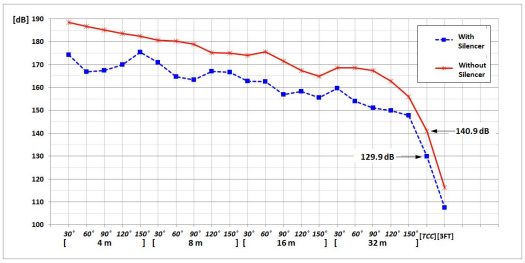

Fig. 9 Firing test results graph

본 연구에서는 사격위치에서 200 m 이상 이격된 거리의 소음감소량에 관심을 가지고 접근하였다. 따라서 본 연구에서 의미있게 봐야 할 측정결과 값은 약 200m와 400m 이격된 위치에서 측정

된 값이다. 해당되는 위치는 TCC와 3발사장이다. 하지만, 3발사장은 포의 뒤쪽방향에 위치하였으므로 검토에서 배제하였다. 서론에서 언급한 바와 같이 소음에 노출된 민간인 지역은 사격방향의 전방과 측방향이기 때문이다. 따라서, 본 연구에서 관심을 두고 검토한 음압측정 위치는 약 200m 이격된 TCC위치의 SPL 값이다.

Table 4는 TCC에서 측정된 음압값으로서 소음기 장착전과 장착후의 결과를 정리한 것이다. 소음기 장착 전 음압측정값은 140.9 dB 이었으며, 소음기를 적용한 상태의 음압측정값은 129.9 dB 이었다.

소음기 장착 전후의 음압감소량은 7.85%였다. 음압 값 자체가 log함수에 의한 계산치 이므로 소음관련 전문연구자들에게는 무의미한 값일 수도 있다. 하지만, 일반인들에게 설명의 필요성을 감안하여 감소율을 표현하였다.

Table 4 Sound pressure reduction

Parameter	Value	Unit	Remarks
Without silencer	140.9	dB	155mm How Charge 7 200mm dist
With silencer	129.9	dB	
Reduction rate	7.85	%	

4. 결 론

본 연구는 화포사격시험장 주변에 발생되는 소음공해를 줄이기 위한 방안으로 시작된 연구과제이며, 약 2년에 걸쳐 진행된 연구였다.

과제 특성상 음압감소량 목표치는 선정할 수 없었으며, 국내 여건에서 대구경 소음기의 설계, 제작, 시험 및 결과분석을 통한 대구경 화포의 소음감소 가능성 여부를 판단하기 위한 연구과제였다.

시험대상은 155mm 곡사포를 선정하여, 소음기를 설계/제작, 시험/분석 단계를 거쳐 연구를 진행하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 155mm급 화포의 사격시험을 병행한 소음기 연구개발 결과로서 실 사격시험을 수행한 연구개발은 국내 최초로 수행한 것이다.

2. 155mm 화포의 사격압력을 고려하여 소음기의 두께는 16mm로 설계 및 제작 하였으며, 내부와 외부에 흡음장치를 장착하였다.

3. 거대한 구조물의 무게를 최소화시키기 위해 일반 상용철보다 우수한 용접용구조강을 사용 밴딩, 용접하는 방식으로 제작기술을 확보하였다.

4. 사격시험장의 가용한 공간범위를 감안 음압 설치위치와 거리를 선정하였으며, 최대사격압력인 장약7호 사격을 통하여 데이터를 확보하였다.

5. 시험결과 소음기 적용 전 발생음압은 140.9 dB 이었으며, 소음기를 적용한 상태의 음압측정값은 129.9 dB 이었다. 11 dB의 음압감소효과를 확인하였으며 감소율로 환산하면 7.85% 수준이다.

본 연구는 국내 최초로 대구경 화포용 소음기를 설계/제작 및 실 사격시험에 의한 소음기 연구를 수행하였다는 성과와 향후 진행 될 대구경 소음기의 실용화 연구에 초석이 될 수 있다고 판단된다.

Reference

1. G. Klingenberg and J. M. Heimerl, 2004, "Gun Muzzle Blast and Flash", Progress in Astronautics and Aeronautics.
2. D. L. Cler, N. Chevaugen, M. S. Shepherty J. E. Flaherty and J. Remacle, 2003, "Computational Fluid Dynamics Application To Gun Muzzle Blast- A validation Case Study", Technical Report ARCCB- TR-03011, Jean- Francois Remacle.
3. H. Rehman, S. H. Hwang, B. Fajar, H. S. Chung and H. M. Jeong, 2011, "Analysis and attenuation of impulsive sound pressure in large caliber weapon during muzzle blast", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 25, No. 10, pp. 2601-2606.
4. Y. H. Yu, 2007, "A Study on the Development of a Resonator to Reduce the Ship Engine Room

Noise", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 11, No. 4, pp. 72-77.
5. G. J. Hokenson, 1998, "Evaluation of an Add-on Muzzle Exhaust Flow Manipulator for Noise Suppression on Large Caliber Guns", DA196-601.