

강내압력측정 신뢰성 확보 방안에 관한 연구: 동구게이지와 IPG 게이지 성능 비교 중심

정민철*, 이정호

국방기술품질원 국방신뢰성연구센터 종합시험단

A Study on the Effects of Relationship Between Copper Crusher Gauge and Internal Piezo Gauge

Min-Cheol Jung*, Jeong-Ho Lee

Defense Reliability Research Center, Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구는 포강내 압력 측정을 위한 압력 게이지 운영성 검증에 관한 연구이다. 탄약 성능 평가 시험 중 포강 내 압력 측정은 주로 동구게이지를 이용하고 있다. 압력 측정 방식의 대체를 위해 IPG 게이지를 사용했으며, 시험 결과를 분석하여 IPG 게이지의 운용성 검증을 수행하였다. 운용성 검증을 위해 실 사격시험 데이터를 이용했으며 결과 분석은 기술적 통계 기법의 일환인 T검정 분석을 사용하였다. 시험용 장비 및 탄약은 155MM KH179 및 M119 계열의 추진 장약을 사용했다. 본 연구 결과 동구게이지와 IPG게이지 사이의 데이터 값에 대해 5%의 유의수준에서 두 데이터 결과의 평균 값 간에 차이가 없는 것으로 확인되었다. 포강 내 압력 측정을 위해 기존의 동구게이지를 대체하여 IPG의 활용 가능 여부를 검증하였으며, 시험 계측 방법의 다양성 측면에서 적용 폭을 넓힐 수 있음을 확인하였다. 본 시험 결과 바탕으로 추진장약류 외에 다양한 탄종의 압력 계측 시험에 적용될 수 있을 것이며, 이를 통해 국내 운용 탄약의 성능 평가 시험 활용이 기대된다.

Abstract This study examined the operation of a pressure gauge for measuring the internal pressure of a barrel. During the ammunition performance evaluation test, the internal pressure of the barrel was measured mainly using a copper crusher gauge. The internal piezo gauge (IPG) was used to replace the pressure measurement method, and the test results were analyzed to verify the operability of the IPG. For verification, actual shooting test data were used, and a t-test was used to analyze the results. The 155MM KH179 and M119 series propellant were used for the test equipment and ammunition. The results confirmed that there was no difference between the mean values of the two data results at a significance level of 5% for the data values between the copper gauge and the IPG. The use of the IPG was verified by replacing the existing copper gauge to measure the internal pressure of the barrel, and it was confirmed that the application width could be widened in terms of diversity of test measurement methods. Based on the results of this test, it can be applied to the compression measurement test of various types of ammunition in addition to the propellant charges.

Keywords : Ammunition, Cooper Crusher Gauge, IPG, Internal Pressure, FiringTest

*Corresponding Author : Min-Cheol Jung(Defense Agency for Technology and Quality)

email: herpress@naver.com

Received June 1, 2020

Accepted September 4, 2020

Revised July 1, 2020

Published September 30, 2020

1. 서론

국방기술품질원(국방신뢰성연구센터 종합시험단)은 추진체, 탄체결합체 등의 탄약부품류에 대한 수락시험(Acceptance Test) 및 저장신뢰성탄약 시험평가(ASRP)를 국방부 훈령(탄약 수명관리를 위한 신뢰성평가 업무)에 따라 시험을 수행하고 있다. 탄약 부품류의 성능 평가 시험을 통해 국방규격 또는 시험 규격 요구사항의 일치(합격/불합격) 여부를 판단하게 된다. 시험의 절차는 준비, 사격, 결과 데이터 분석까지 포함되고 주된 평가요소는 포구속도, 작동시간, 포강 내 압력 등이 있으며, 특히 화포 강내 압력은 포신 및 탄약의 평가를 위한 주요한 측정 항목 중 하나이다. 강내 압력은 일반적으로 다음과 같은 측정 방식을 사용하여 측정한다. 동구게이지(copper crusher gauge)를 이용한 최대압력 측정 방식과 압전형 모듈(piezo module)을 이용한 시간에 따른 압력을 측정하는 방식이다. 특히 높은 강내 압력(50,000psi 이상)이 형성되는 155MM 추진장약, 105MM 전차 포열 등의 탄약 시험 등에서는 동구게이지(copper crusher gauge) 모델인 M-11게이지가 널리 사용되고 있다. 그러나 압전형 모듈(piezo module)에 관해서는 포신을 개조하여 측정하는 외부형 피에조 게이지와의 비교연구는 많지만 IPG(내부형 피에조게이지)에 대한 연구는 적은 상황이다.

시험용 포신을 개조하지 않고 압력을 구할 수 있는 측정 게이지로는 동구게이지(M11)와 IPG게이지 두가지 방법이 있다. 동구게이지(copper crusher gauge)는 미국 APG(Aberdeen Proving Ground)의 제작품으로서 2,000psi ~ 19,000psi의 낮은 압력(low pressure)을 측정하는 T-18부터 12,000psi ~ 115,000psi 범위의 높은 압력(high pressure)을 측정하는 M-11까지 다양하게 생산하고 있다. 그러나 2014년 미 정부의 견적 판매 제한으로 APG로부터의 동구 게이지 확보가 쉽지 않아 강내 압력을 측정할 수 있는 새로운 게이지 IPG(Internal Pressure Gauge)를 검토하였다. IPG(Internal Pressure Gauge)는 Nato Stock No. NSN 6635-17-117-3654를 부여받고 공인된 강내 압력 측정 게이지로서 유럽의 탄약시험장에서 널리 사용되고 있다.

본 논문은 강내 압력 측정에 있어서 동구게이지(모델:M-11게이지)와 IPG(모델:B251게이지)의 통계적 유사성 및 측정 결과를 신뢰성 관점에서 두 게이지의 성능 및 특성을 비교 검증하였다. M-11게이지는 국내 탄약 및 화포의 성능 시험에서 강내압력 측정의 기준으로 사용되고 있으므로 이를 이용하여 IPG의 압력 측정 결과의

신뢰성을 검증하기 위한 표준 값으로 사용하였다. 실사격시험에 두 가지 방식의 게이지를 적용하여 강내 압력을 측정하였으며 통계적 접근을 통해 두 게이지의 성능(유사성)을 검증하였다. 본 논문의 연구 방향은 Fig. 1과 같이 진행하였다.

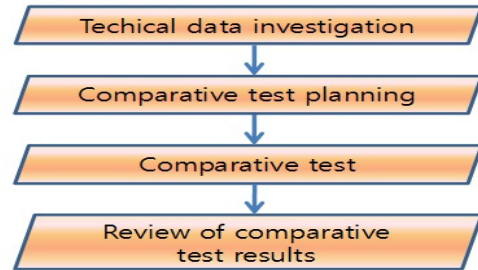


Fig. 1. Research flow chart

2. 압력 측정

강내압력 측정방법에는 동구의 물리적 변형량을 통해 최대 압력을 추정하는 동구게이지(copper crusher gauge)방식과 추진체 연소로 인해 포강 내에서 실시간 발생하는 압력 변화에 대한 전기적 변화량으로 압력을 추정하는 피에조게이지(piezo gauge) 방식으로 나눌 수 있다. 두 가지 타입의 형상은 Fig. 2와 같다.



Fig. 2. Crusher gauge(left) vs. Piezo gauge (right)

2.1 동구게이지

동구게이지의 작동원리는 다음과 같다. 추진체의 연소 과정에서 포강 내에 발생하는 최대압력에 의해 동구의 물리적 변형이 발생하며 이 때 변형된 동구의 길이를 마이크로미터(micrometer)로 측정하고 변환식을 통해 압력을 추정하는 방식이다. 게이지의 외부는 Steel housing

으로 감싸져 있으며, 내부는 동구(copper ball) 및 피스톤(piston) 등으로 구성되어 있다. Fig. 3은 동구게이지의 내부 구성품을 나타낸 그림이다. 한국과 미국 등에서 주로 사용하고 있는 최대 압력 계측 장비로서, 측정 가능한 최대 압력 범위는 2,000 ~ 115,000psi이다.

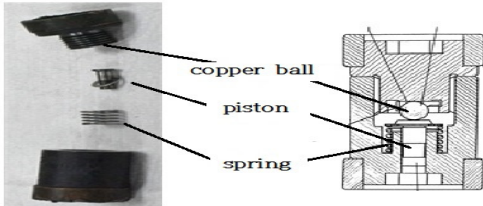


Fig. 3. Configuration of Crusher Gauge

Fig. 4는 동구게이지를 이용한 압력 측정 과정을 나타내고 있다. 포강 내 삽입된 동구게이지는 추진제의 연소를 통해 포강 내의 압력 변화가 발생하면 피스톤이 움직이며 피스톤은 게이지 내부의 동구에 변형을 만들어 낸다. 이후 포강 내에 남아 있는 게이지를 회수하여 분리한다. 변형된 동구의 길이를 마이크로미터를 이용하여 측정하고, 측정된 결과값은 환산표(tarage table)를 이용해 압력으로 변환하고 추진제의 시험 규격에 온도의 변화가 명시 되어 있다면 온도 보정 값이 추가로 적용된다.

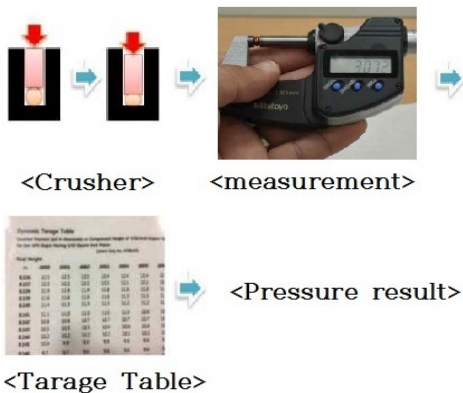


Fig. 4. Principle of Crusher Gauge

2.2 피에조게이지(Internal Piezo Gauge)

피에조게이지(IPG)의 외부는 Steel housing으로 감싸져 있으며, IPG의 주요 구성품은 Fig. 5에서 보듯이 케이스, 압전 압력 변환기(built-in piezoelectric transducer), Micro-module, 배터리 등으로 구성되어 있다. 마이크로모듈은 시간에 따른 압력 변화량을 저장하

고, 저장 압력 값 분석을 통해 시험용 탄약의 시간에 따른 압력 변화량이 확인 가능하다.



Fig. 5. Configuration of IPG

IPG의 동작 원리는 먼저 사격 전 무선 적외선 인터페이스를 통한 데이터 통신으로 sampling rate, trigger level, standby time의 기본 설정값을 통해 센서 작동을 활성화 시키고(Fig. 6(a)), 사격 중 발생하는 포강 내의 압력을 피에조 압전 센서로 압력을 획득하게 된다(Fig. 6(b)). 사격 종료 후 회수된 IPG의 전하량을 분석함으로써 사격 중 발생한 포강 내 압력을 계측하게 된다(Fig. 6(c)).

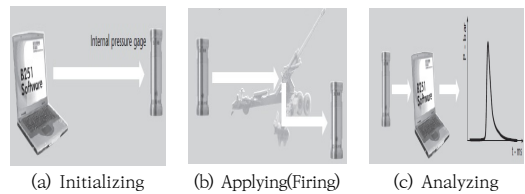


Fig. 6. Operating method of IPG

Fig. 7은 IPG 내부 저장 및 처리 모듈을 나타낸다. 압력에 해당하는 압전량 및 온도를 저장하고 내부 보정을 통해 그에 상응하는 압력 값으로 환산 처리된다. 압력 범위에 따라 분류할 수 있다 B251 IPG-800의 압력측정 범위는 1~116,000psi이고 주로 155MM 대구경 시험 등에 사용한다. B251 IPG-150은 1~21,700psi의 압력을 측정할 수 있으며 B251 IPG-800 보다 크기를 축소하여 60MM 박격포의 강내 압력 측정에 사용할 수 있다.

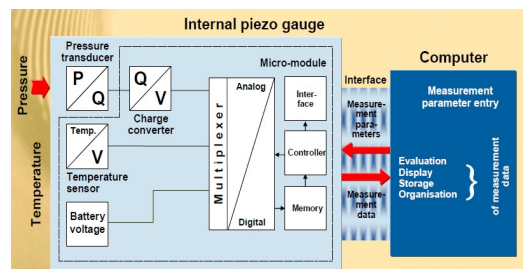


Fig. 7. Block diagram of the B251 IPG Overall System

Stock Number는 국가 공급 품목의 식별, 분류 및 재고 번호를 관리하기 위해 Nato국가의 승인을 받아 부여하며 IPG의 번호는 Fig. 8과 같다.

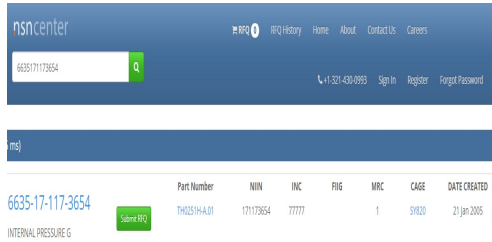


Fig. 8. B251 IPG Nato Stock Number

3. 기술자료 조사

동구게이지와 IPG와 관련된 미국 ATEC(Army Test and Evaluation Command)의 ITOP(International Test Operations Procedure), Nato AEP-23 (Applied Engineering Publication) 위주로 검토하였고 기품원과 국과연의 연구보고서를 참고 하였다. Table 1은 관련 기술자료 목록이다.

Table 1. Technical Data List

NATO	○ Applied Engineering Publication(AEP)-23 (Edition 2) "Pressure Measurement by Crusher Gauges NATO Approved Tests for Crusher Gauges" (2005.3.)
ATEC	○ Test Operations Procedure(TOP) 3-2-810 "Weapon Chamber Pressure" (1982.1.21.)
	○ International Test Operations Procedure(ITOP) 3-2-810(1) "FR/GE/UK/US Electrical Measurement Of Weapon Chamber Pressure" (1995.10.16.)
About	○ International Test Operations Procedure(ITOP) 3-2-810(2) "FR/GE/UK/US Copper Crusher Measurement of Weapon Chamber Pressure" (2004.5.21.)
	○ The Care and Handling of Copper Crusher Gauges "Miniataturized Piezo-Electric Gauges"
	○ DTAQ DTaQ-17-5108-R "The Study on the Replacement of Copper Crusher Gauge for Weapon Chamber Pressure Measurement" (2017.02.02.)

Nato Crusher gauges의 승인은 각 나라에서의 5년 간격으로 시험을 실시하고 Working Group의 동의를

받아야 하며, Nato Approved for Crusher Gauge에서 지정한 게이지는 세계적으로 사용이 가능하나 TOP 3-2-810은 프랑스, 독일, 영국, 미국에서만 사용 할 수 있다는 제한이 있다.

Table 2와 같이 2004년 TOP 3-2-810에서 ITOP 3-2-810[1], ITOP 3-2-810[2]로 대체되면서 사용하는 게이지의 목록이 "NATO Approved Crusher Gauge"로 바뀌고, TOP 8-2-810의 게이지 목록 중 T19, M11 게이지를 제외한 나머지는 Nato Approved Crusher Gauge에서 빠지게 된다. 또한 저온에서 사용 할 수 있는 M12게이지가 추가되었다.

Table 2. Nato approved crusher gauges - UK1998/ US 2002.

Country	Gauge	Crusher Lot N	Type&MPa (Pressure range)
France	FAN	Cylinder Lot 2/93	LP&MP(50-650)
Germany/ Netherlands	31/7.1	Sphere Lot No 979101	LP(40-230)
	38/3.91A	Sphere Lot No 979101	MP(170-650)
Spain	38/3.5A	Sphere Lot No 979101	HP(520-850)
	MT 43	Cylinder 040/96	LP(50-230)
United States	MT 43	Cylinder 025/96	MP(170-520)
	T19	Sphere Lot No 2-85	LP(40-230)
	M11	Sphere Lot No 2-85	MP(170-650) (positive Temp)
	M12	Sphere Lot No 2-85	MP(170-650) (negative Temp)

C3. Dynamic Pressure Generating System. This consists of a pressure vessel about 0.035 cu m (1.25 cu ft) in volume designed to take reservoir pressure to 10,342.2 kPa (1,500 psi), a 3.7-m (12-ft) barrel with a 5.08-cm (2-in) bore, a high pressure cap, and a 38.1-cm (15-in) -long free piston. The system is operated using nitrogen gas as both the driving force behind the piston and as the compressible fluid for generating pressures between 60 and 120 Kpsi at a pulse width of about 3 milliseconds.

The high pressure end cap will accommodate two APG-type piezoelectric tourmaline gages and two crusher gages of either the M11 or T20 configuration. Both types of gages are exposed simultaneously to the same pressure; thus, direct comparisons are made. Pressure-time information is obtained through automatic processing of the electrical signals received from the piezoelectric gages.

Fig. 9. Dynamic Pressure Generating System

TOP 3-2-810의 Dynamic Pressure Generating System은 Piezoelectric을 이용한 압력 측정 방법이 Fig. 9와 같이 작성 되어 있으나 External Type으로 포신을 개조해야하는 방법으로 본 연구에서는 제한된다.

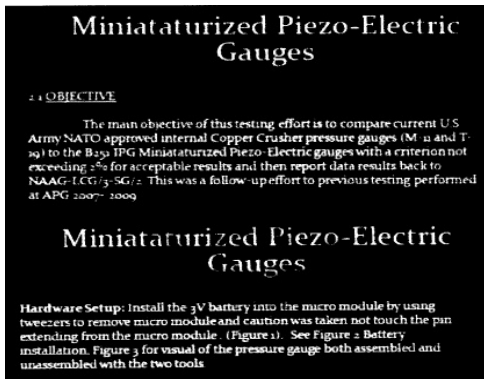


Fig. 10. Miniaturized Piezo-Electric Gauges

APG(Aberdeen Proving Ground)는 동구게이지 제작사로 게이지의 정확도, 신뢰성, 감도 및 선형성에 대한 테스트를 Fig. 10과 본 연구에 사용하는 HPI社의 Miniaturized Piezo-Electric B251 IPG와 진행 중에 있으며, 동구게이지의 미 정부 판매가 제한적인 상황을 고려해 볼 때 B251 IPG에 대한 검토는 필수적인 것으로 판단된다. 본 연구에서는 동구게이지의 대체품으로 HPI社(High Pressure Instrumentation)의 B251 IPG-800을 사용하였다.

4. 게이지 비교시험

4.1 실사격을 통한 압력 계측

탄약 및 화포류의 성능 평가 시험의 진행은 Fig. 11과 같이 진행되며, 한번의 사격시험을 위해 탄의 온도처리, 화포정비, 계측장비 준비 등 많은 준비가 필요하다.

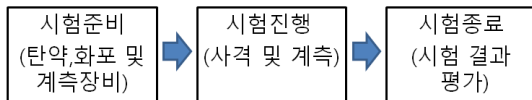


Fig. 11. firing test flow

시험 진행에서 계측은 평가 결과에 절대적으로 영향을 끼치므로 매우 중요하다. 시험 종류에 따라 포구 속도, 강내 압력, 사거리 측정 등 평가를 위한 계측을 진행한다. 본 논문에서는 강내 압력 계측을 위해 사용되는 동구 게이지 및 IPG의 성능 비교와 검증중점으로 두었다. 동일 탄약 및 화포에 대해 두 게이지를 동시에 장착한 후 계측 결과를 비교함으로써 두 게이지 성능의 유효성을 검증하였다. Fig. 12는 화포 내 장착된 게이지의 모습을

나타내고 있다.

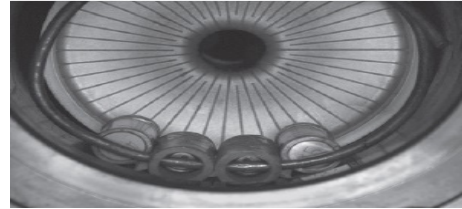


Fig. 12. Setting for firing test of M11 and IPG

4.2 시험 방법

게이지 특성 검증을 위한 실 사격시험은 저장탄약신뢰성평가(ASRP)의 시험 품목 중 하나인 155MM 추진장약(M119 계열)을 사용하였다.

- 시험화포 : KH179(잔여수명 90% 이상 포신)
- 시험탄약 : M119 계열 추진장약
- 시험발수 : 40발
- 계측항목 : 강내압력
- 예상압력 : 28,000 ~ 34,000psi

4.3 시험 결과

강내 압력의 계측은 동구게이지(M11)와 IPG게이지(B251-800)를 시험 화포의 포미 폐쇄기 부분에 동시에 장착한 후 사격을 진행하였다. 측정 결과에 대한 두 게이지의 기술통계량은 Table 3과 같다.

Table 3. Summary of test result

	Crusher gauge	IPG
Test rounds	40	
Average(psi)	30,989	30,984
Standard deviation(psi)	1,225	1,089
Min. value(psi)	29,065	28,949
Max. value(psi)	33,518	33,256

4.4 시험 결과 분석

4.4.1 평균값 분석

두 게이지가 계측한 강내 압력의 평균값이 차이가 있는지를 확인하기 위해 통계적 분석을 수행하였다. 통계적 검정 방법 중 모집단의 분산이나 표준편차를 알지 못하므로 T-검정을 사용하여 두 게이지가 계측 한 결과 값을 분석하였다. T-검정을 위해서는 두 집단의 데이터가 등

분산이라는 가정을 충족하여야 한다. 두 데이터 집단의 등분산 여부를 확인하기 위해 F-검정을 먼저 수행하였다.

F-검정

두 데이터 집단의 등분산 여부를 확인하기 위해 다음과 같이 가설을 설정하였다.

- 유의수준(α) : 5%
- 귀무가설 H_0 : 등분산이다
- 대립가설 H_1 : 등분산이 아니다

검정 결과는 Table 4, Fig. 13과 같다.

Table 4. Summary of F-test

	Crusher gauge	IPG
Mean	30989.1	30984.5
Variance	1501635.374	1187308.051
Observations	40	40
df	39	39
F	1.264739486	
P(T<=f) one-tail	0.233351356	
f-Critical one-tail	1.704465067	

F값(1.2647) < 기각역(1.7045)이므로 대립가설은 기각(귀무가설 채택)되며, 유의수준 5%에서 두 데이터 집단은 등분산의 데이터 분포를 가진다고 할 수 있다.

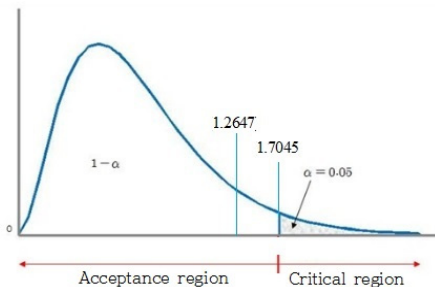


Fig. 13. Statics analysis : F-test

T-검정

T-검정 분석을 진행하기 위한 등분산 가정이 충족되었으므로 두 데이터 집단의 평균 값의 차이 여부를 확인하기 위한 T-검정 가설을 다음과 같이 설정하였다.

- 유의수준(α) : 5%
- 귀무가설 H_0 : 평균의 차이가 없다
- 대립가설 H_1 : 평균의 차이가 있다

검정 결과는 Table 5, Fig. 14와 같다.

Table 5. Summary of T-test

	Crusher gauge	IPG
Mean	30989.1	30984.5
Variance	1501635.374	1187308.051
Observations	40	40
Pooled Variance	1344471.713	
hypothesized Mean Difference	0	
df	78	
t Stat	0.017741772	
P(T<=t) one-tail	0.492945081	
t-Critical one-tail	1.664624645	
P(T<=t) two-tail	0.985890161	
t-Critical two-tail	1.990847036	

T통계량(0.0177) < 기각역(1.9908)이므로 대립가설은 기각(귀무가설 채택)되어 유의수준 5%에서 두 데이터 집단의 평균값의 차이는 없다고 할 수 있다.

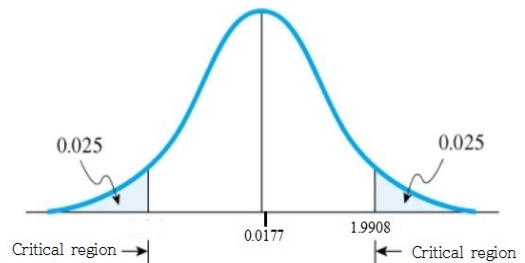


Fig. 14. Statics analysis : T-test

분석

T-검정을 통해 동구 게이지의 압력 값과 IPG의 압력 값이 통계적 의미에서 차이가 없음을 확인하였다. 즉 사격시험 결과 압력 측정 범위는 두 게이지 모두 28,000 ~ 34,000psi를 만족하였고, 평균 압력 또한 차이가 없었다.

4.4.2 개별 차이 값 분석

두 게이지가 측정한 강내 압력의 개별 값이 차이가 있는지를 확인하기 위해 통계적 분석을 수행하였다. 일반적으로 널리 사용되는 동구게이지(M-11)의 압력 값을 기

준 값이라고 할 때, 개별 압력 값의 차이는 다음과 같이 적용하였다.

$$\text{차이 값} = \text{IPG 계측 값} - \text{M-11 계측 값}$$

사격시험에서 얻어진 개별 압력 값의 차이를 그림으로 나타내면 Fig. 15 및 Fig. 16와 같다.

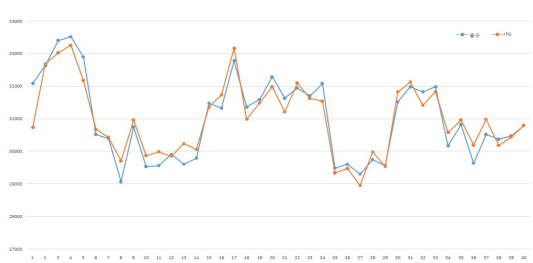


Fig. 15. Plot of two gauge values

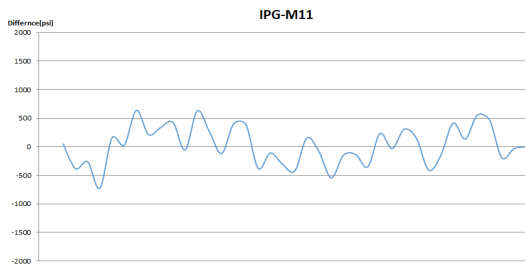


Fig. 16. Plot of difference

압력 값 차이에 대한 통계적 분석 결과는 Table 6과 같다. 개별 값의 차이 평균은 약 30psi, 최대 차이 값은 약 725psi이다. 동구게이지(M-11) 및 IPG(B251)의 측정 불확도를 고려했을 때 두 게이지의 개별 압력 차이 변화량을 줄이기 위해 게이지 삽입 위치 등에 대한 추가 검증이 필요할 것으로 판단된다.

Table 6. Summary of difference of two gauges

Item	Value(psi)
average	30
standard deviation(1σ)	337
max. absolute value	725

5. 결론

본 논문은 탄약 부품류 강내 압력 측정에 있어 동구게이지(M-11)와 IPG게이지(B251)의 통계적 유사성 및 측

정 결과의 신뢰성 분석을 통한 압력 게이지의 성능 및 특성 검증에 관한 내용이다. M-11게이지는 미국과 국내 탄약 및 화포의 성능 시험에서 주로 사용되고 있으며 유럽에서 주로 사용하는 IPG게이지의 성능 유효성 검증을 위해 실 사격시험에 적용하였다. 실 사격시험에 두 가지 방식의 게이지를 적용하여 강내 압력을 계측하였으며 통계적 접근을 통해 두 게이지의 성능(유사성)을 검증하였다.

155MM 추진제의 강내 압력을 계측하였고 두 게이지 값의 통계적 유의성 검증을 위해 F-검정 및 T-검정을 수행하였다. 검정 결과 두 압력 값 사이에는 95% 신뢰수준에서 유의차가 없음을 확인하였다. 이는 각 게이지의 작동 방식(물리적 변형 vs. 전기적 변형)의 차이에도 불구하고 계측의 신뢰성 측면에서는 큰 차이가 없음을 나타낸다고 할 수 있다.

AEP-23과 ITOP 3-2-810 기술자료의 계측 요구사항 검토결과 IPG로 대체 가능할 것으로 판단된다. 본 논문을 통해 IPG의 사용 가능성을 확인하였으며 본 연구를 토대로 M119 계열의 추진장약류 외에 다양한 탄종의 강내 압력 측정에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

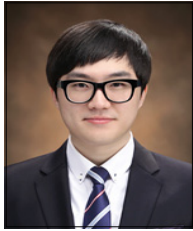
- [1] Chuan Rong, De Ren Kong, Fang Wang, Li Xia Yang, Li Ping Li, "Research on the Pressure-Measuring Uncertainty of Standard Internal Crusher Gauge," Applied Mechanics and Materials, vol. 300-301, no.1 pp. 874-881, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.300-301.874>
- [2] H. Babaei, "Stress Analysis of Gun Barrel Subjected to Dynamic Pressure," International Journal of Mechanical Engineering and Applications, vol. 3, no.4 pp. 71, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ijmea.20150304.14>
- [3] C.T. Ervin, "A piezo-electric gage for recording the instantaneous pressure in shotguns," Journal of the Franklin Institute, vol. 213, no.5 pp. 503-514, May, 1993.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0016-0032\(32\)91520-8](https://doi.org/10.1016/s0016-0032(32)91520-8)
- [4] US Army Aberdeen proving Ground, "TOP 3-2-810 WEAPON CHAMBER PRESSURE MEASUREMENTS," TEC, pp.1-23, 1982.
- [5] US Army Aberdeen "ITOP 3-2-810(2) FR/GE/UK/US Copper Crusher Measurement of Weapon Chamber Pressure," ATEC, pp.1-29, 2004.
- [6] Applied Engineering Publication "(AEP)-23(Edition 2) Pressure Measurement by Crusher Gauges NATO

Approved Tests for Crusher Gauges," NATO, pp.2, 2005.

- [7] Yong Hwa Kim "The Study on the Replacement of Copper Crusher Gauge for Weapon Chamber Pressure Measurement," DTAQ, pp. 1-32 2017.
-

정 민 철(Jung-Min Chul)

[정회원]



- 2010년 11월 ~ 2014년 2월 : 연합정밀 품질경영팀
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임기술원
- 2017년 2월 : 강원대학교 산업대학원 전자통신과(석사)

<관심분야>

전자통신, 통계, 탄약신뢰성평가

이 정 호(Jeong-Ho Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 서울대학교 공과대학원 기계항공공학부(기계공학박사)
- 2012년 9월 ~ 2015년 1월 : 삼성전기 생산기술연구소 책임연구원
- 2015년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

정밀측정, 기계설계, 탄약신뢰성평가