

ASTP 등급체계와 평가기준에 대한 연구

The Study on the Grade System and the Grading Criteria of Ammunition Stockpile Test Procedures

윤근식*
Yoon, Keun-sig

권택만*
Kwon, Tag-man

박병찬*
Park, Byung-chan

ABSTRACT

The ASTP is the standard of the assessment ASRP that is monitoring the performance, reliability and safety characteristics of the ammunition items. The ASTP used in domestic now has applied to US Army's grade system and grading criteria so that it cause some problems. To resolve these problems of ASTP, we surveyed both the quality level of production and the field management of ammunition, which compared with grade system and classification criteria.

As a result of study, we changed grade system from four steps to three steps and applied the Korean Military Specifications and the Malfunction Criteria to the classification criteria of grades. We are looking forward to improving the reliability and effectiveness of ASRP assessment by simplifying grade system and generalizing grading criteria of ASTP.

주요기술용어(주제어) : ASRP(저장탄약신뢰성평가, Ammunition Stockpile Reliability Program), ASTP(저장탄약시험절차서, Ammunition Stockpile Test Procedure)

1. 서론

탄약의 성능과 안전성은 생산당시의 품질수준에 의하여 확보되지만, 생산시 품질수준이 좋을지라도 탄약은 그 특성상 저장기간이 경과함에 따라 품질수준이 점차 낮아져 성능이 저하되고 안정성이 떨어지게 된다. 따라서 저장탄약의 품질을 유지, 관리하기 위한 일환으로 ASRP를 수행하고 있다. ASRP는 군에 저장 중인 탄약에 대하여 주기적으로 비기능, 기능, 저

장분석시험 등을 수행하여 사용가능성, 안전성, 신뢰성 및 성능을 통계적으로 분석, 평가하고 그 결과를 토대로 계속저장, 제한사용, 우선불출, 폐기 등을 결정하는 업무체계이다.

ASTP는 이러한 ASRP를 수행하기 위하여 사용되며 비기능, 기능, 저장분석시험에 대한 시험절차와 시험자료를 분석하여 등급을 부여하기 위한 평가기준이 명시되어 있다. 비기능시험은 추진장약포의 변색이나 파손, 금속부품의 부식, 포장상태 등을 확인하는 것을 말하며, 기능시험은 탄약의 발사 또는 기폭시험 등을 통해 성능발휘여부를 확인하는 시험을 말한다. 결점은 시험결과 정상적이지 않은 상태에 있는 것을 말하며, 탄약의 성능과 안전성에 미치는 영향의 정도에

† 2004년 7월 27일 접수~2004년 12월 3일 심사완료

* 국방품질관리소(Defense Quality Assurance Agency)
주저자 이메일 : ksyoon@dqa.mil.kr

따라 치명결점, 중결점, 경결점으로 구분하고 있다. ASTP에서는 각 기능별로 시험하여 그 결과에 따라 3~4개씩의 등급으로 나누고 있다. 따라서 ASTP는 ASRP의 시험 및 평가의 지침서로 사용되는 중요한 기술자료이다. 그러나 현재 사용되고 있는 ASTP는 오래전 미 육군에서 적용하던 등급분류체계와 평가기준을 그대로 적용하고 있어 ASRP 수행시 등급 구분이 모호해지는 문제점을 나타내고 있으므로 이에 대한 대책이 절실히 요구되어 왔다.

이에 따라 본 논문에서는 현재 사용되고 있는 ASTP의 문제점을 파악하고, 이를 해소하기 위한 방안을 연구하였다. 최근 미 육군에서 사용하고 있는 ASTP를 조사, 분석하여 등급체계의 적용에 따른 장단점을 파악하고, ASTP의 등급체계와 등급 설정 기준을 양산수락시험시 사용되는 국방규격의 판정기준과 군에서의 약작용 허용기준과 비교분석하여 ASTP의 등급체계와 각 등급별 평가기준을 새로이 제시하였다.

2. ASTP 등급 체계

ASTP의 등급체계는 시험분류에 따라 나누어진 비기능등급, 기능등급, 저장등급과 이를 종합한 종합등급, 군 운영특성을 고려한 추천등급으로 구성되어 있다. 따라서 ASTP는 군수품을 생산한 후 제품의 수락여부를 결정하는 기준으로 사용되는 국방규격이나 시험절차서인 ATP(Acceptance Test Procedure)와 비교하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, ASTP는 시험절차와 함께 시험결과에 대한 평가기준이 포함되어 있다. 대개의 시험절차서에는 시험수행에 관련된 준비사항과 시험절차만 명시되어 있지만 ASTP는 규격과 같은 평가기준이 포함되어 있다. 따라서 ASTP는 하나의 문서내에 국방규격과 ATP가 같이 포함되어 있는 형태이다.

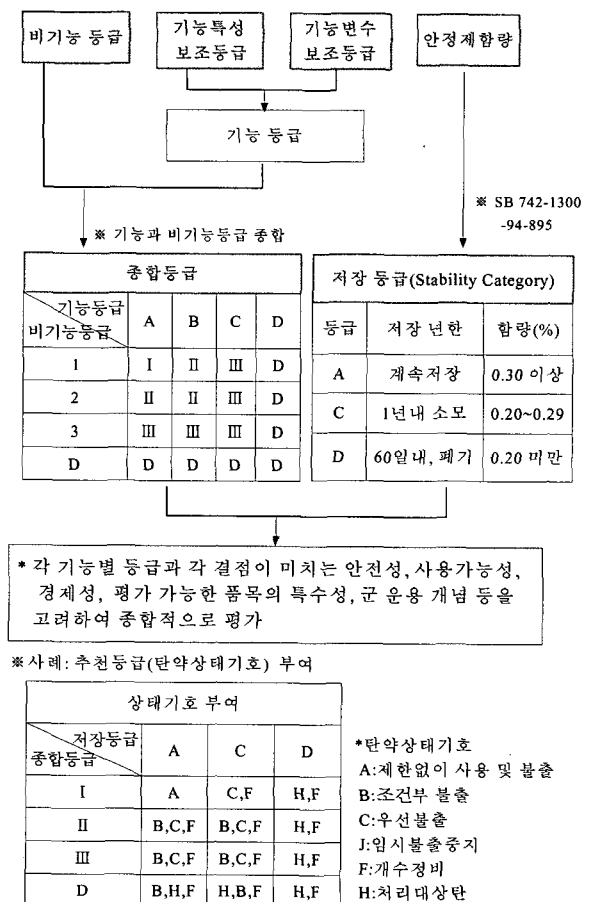
둘째, 수락시험에 사용되는 국방규격과 ATP는 판단 기준이 하나로서 이 기준에 따라 규격일치와 불일치 여부를 가름하는 이분법적인 체계로 되어 있으나, ASTP는 탄약의 성능이나 안전성 정도에 따라 여러 개의 등급으로 나누어진다. 현재 사용되고 있는

ASTP의 등급단계를 보면, 기능등급 및 비기능등급은 4단계로 분류되고, 추진제의 저장안정성등급(SC; Stability Category)은 3단계로 분류되어 있다.

가. 평가기준 및 등급분류 체계

비기능시험, 기능시험, 저장분석시험 각 시험기능별로 구분하여 시험을 실시하고, 그 결과에 따라 3~4개씩의 등급을 부여하고 있다.

그림 1은 각 시험별 등급과 이를 종합한 등급의 표시형태, 그리고 군으로 통보되는 추천등급을 부여하는 일련의 절차를 나타낸 것이다. 비기능시험은 아라비아숫자 1, 2, 3과 D로, 기능시험은 영문 알파벳 A, B, C, D로 표시한다. 성능과 안전성 정도에 따라 그 등급을 달리하는데, 1등급과 A등급은 평가탄약의 성



[그림 1] 시험기능별 등급구분 및 평가절차

능이 양호한 것을 의미하며, 2, 3등급과 B, C등급은 평가탄약의 신뢰성이 저하된 것을 의미한다. 그리고 해당탄약이 안전상 위험성을 내포하고 있거나 성능이 매우 불량할 경우 D등급으로 부여하게 된다. 이러한 등급별 구분은 각 탄종별로 작성된 ASTP의 기준에 따른다. 이러한 등급의 평가기준으로 LQS(Lot Quality Standard, 로트품질수준)가 사용되며 LQS는 등급별 품질수준에 따라 p_1 , p_2 , p_3 로 나눈다. p_1 은 생산시의 품질수준으로서 수락시험에서 얻어진 자료의 평균으로 구한다. 그리고 p_3 은 사용자에게 바람직하지 않은 불량률이며, p_2 는 p_1 보다 크고 p_3 보다 작은 값이다.^[2]

추진제는 잔류안정제 함량을 측정하여 그 결과에 따라 저장등급을 구분하며,^[3] SB 742-1300-94-895의 기준에 의하여 A, C, D 3개의 저장등급을 부여한다. SC-A는 계속저장, SC-C는 1년내 불출, SC-D는 6개월 이내에 폐기되어야 한다는 것을 의미한다.

ASTP에서 종합등급이란 비기능등급과 기능등급을 종합한 것으로 탄약의 신뢰성 수준을 나타내는 등급으로서 로마숫자 I, II, III과 D등급으로 표기한다. 종합등급은 그림 2에서 보는 바와 같이 기능등급과 비기능등급이 서로 상이할 경우 낮은 등급으로 부여하므로 종합등급은 낮은 품질 수준을 기준으로 하여 부여되어진다.

추천등급은 비기능, 기능, 저장분석시험으로부터 부여된 종합등급과 저장등급을 기초로 하여 평가시 나타난 결점이 성능과 안전성에 미치는 영향, 경제성, 평가 탄종의 특수성, 군 운용 개념 등을 종합적으로 분석하여 부여하는 최종등급을 말한다. 이러한 추천등급은 각 군에서 저장관리와 기록보고를 위해 사용하고 있는 탄약상태기호(CC: Condition Code)의 형태로 부여하게 된다.^[4] 그림 1의 “사례:추천등급 부여” 표는 종합등급과 저장등급에 따라 부여되는 일반적인 사례를 나타낸 것이다. 그림 1의 추천등급 부여 사례표를 간단히 설명하면 다음과 같다. 종합등급이 I 등급이고 저장등급이 A등급이면 평가 탄약의 성능이 양호하고, 안전상 결함이 없는 것이므로 CC-A로, 저장등급이 A등급이고 종합등급이 II, III등급이면 부분적인 성능저하가 있는 것이므로 CC-B로, 저장등급이 C등급이거나 지속적인 성능저하가 일어나고 있

어 초기에 사용하는 것이 필요하므로 CC-C로, 탄약의 성능이나 안전성에 문제가 있으나 그 원인이 되는 부분을 교체함으로써 성능을 회복할 수 있는 경우에는 CC-F로, 종합등급이나 저장등급이 D등급이고 이의 정비도 불가능한 경우에는 폐기처리를 위해 CC-H로 판정하게 된다. 탄약상태기호는 군에서 탄약의 상태에 따라 분류하는 표준기호로서 탄약의 저장, 운반, 검사, 정비, 불출 등 탄약 운영에서의 편의를 도모하는데 그 목적이 있다.

종합등급은 시험결과에 따라 ASTP의 등급평가기준에 맞춰 부여되는 탄약에 대한 기술적인 평가 등급이고, 추천등급은 탄약을 저장, 관리하는 군 운영특성을 고려하여 부여된 사용자 중심의 등급으로 볼 수 있다.

나. ASTP의 통계처리

기존 ASTP는 비기능, 기능 및 종합등급이 4단계로 구분되어 있으며, 이러한 등급의 분류기준으로 LQS를 사용하고 있다. 등급별 품질수준에 따라 p_1 , p_2 , p_3 으로 나누어진 LQS를 이용하여 계수형 특성치의 경우 시험시료수에 맞는 허용결점수를 계산하고, 계량형 특성치의 경우 허용범위를 계산하게 된다.^[3]

1) 계수형 특성치의 통계처리방법

계수형 특성치란 자료의 형태가 결점수 또는 불량률의 형태로 나타내어지는 것이다. 계수형 특성치의 등급은 LQS수준과 시료수에 따라 계산되어지는 허용결점수로 판정하게 된다. 이러한 계수형 특성치의 계산절차를 그림 2에 나타내었다.

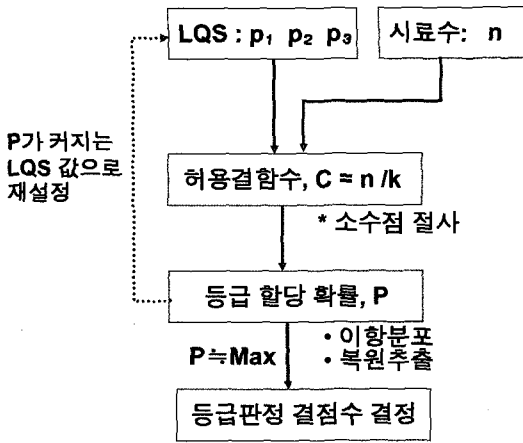
그림 2에서 보는 바와 같이 LQS와 시료수가 결정되면 이항분포를 이용하여 각 LQS에 따른 허용결점수를 계산하게 된다. 허용결점수, c 의 계산은 p_1 과 p_2 , p_2 와 p_3 값에 따라 먼저 식 (1)에 의하여 k 를 각각 계산하고, 식 (2)를 따라 허용결점수를 계산한다.

$$k = \log\left(\frac{p_{m+1}}{p_m}\right) / \log\left(\frac{1-p_m}{1-p_{m+1}}\right) + 1 \quad (1)$$

k : 허용결점수 계산인자

p : 로트품질수준, LQS

m : 불량률 구분 첨자, n 은 1또는 2



[그림 2] 계수형 특성치의 계산절차

[표 1] 등급할당확률

구분		참등급(True Grade)		
		A(p ₁)	B(p ₂)	C(p ₃)
평가 등급	A(c ₁)	P _{aa}	P _{ba}	P _{ca}
	B(c ₂)	P _{ab}	P _{bb}	P _{cb}
	C(c ₃)	P _{ac}	P _{bc}	P _{cc}

평가등급이 참등급이 되는 등급할당확률의 합이 작을 경우, 두 번째 LQS 값인 p₂의 값을 임의로 조정하여 각 등급에서의 등급할당확률이 높아지도록 하여 허용 결점수를 구할 수 있다.

$$C = n/k \quad (2)$$

C : 허용결점수
k : 허용결점수 계산인자
n : 시료수, LQS

p₁과 p₂, p₂와 p₃에 의해 각각의 허용결점수가 계산 되면, 계산된 허용결점수가 각각의 LQS로 적절히 분배되는지를 확인하기 위하여 등급할당확률을 계산하게 된다. 등급할당확률, P는 이항분포를 이용한 것으로 식 (3)과 같다.

$$P = \binom{n}{c} (1-p)^{n-c} p^c \quad (3)$$

$$= \frac{n!}{c! (n-c)!} (1-p)^{n-c} p^c$$

P : 등급할당확률
n : 전체시료수
c : 허용결점수
p : 불량률 기준

식 (3)에서 각 등급에서의 등급할당확률을 계산하여, 표 1과 같이 대상토타를 참등급으로 평가할 수 있는 확률, P_{aa}, P_{bb}, P_{cc}와 다른등급으로 평가할 확률, P_{ab}, P_{ba}, P_{ca} 등을 구한다.

이렇게 각 평가등급이 참등급이 되는 확률 즉, P_{aa}, P_{bb}, P_{cc}의 값이 큰 LQS와 이 때의 허용결점수를 구하여 계수형 특성치의 등급을 평가하게 된다. 이 때

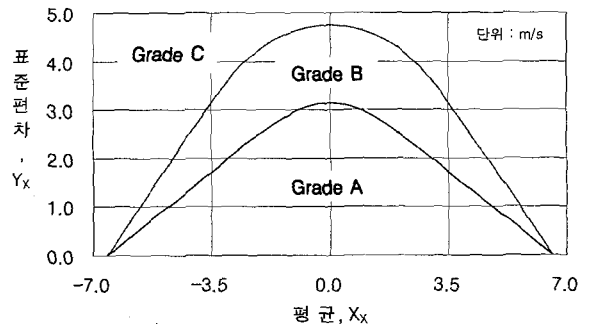
2) 계량형 특성치의 통계처리방법

탄속, 사거리, 작동시간 등 계량형 특성치의 신뢰성을 평가하는데에는 등급평가곡선이 사용되어진다. 그림 4는 8인치 추진장약 KM2의 탄속을 평가하기 위한 등급평가곡선을 나타낸 것이다.

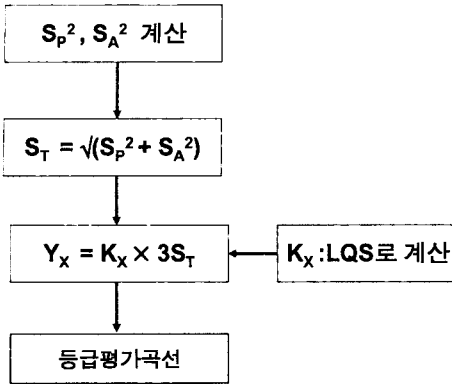
그림 3의 등급평가곡선에서 가로축은 평가탄약의 탄속평균이고, 세로축은 표준편차이다. 따라서 등급평가곡선은 계량형 특성치의 평균이 기준에서 벗어난 정도와 표준편차의 크기로서 등급을 구분하게 된다.

등급평가곡선은 해당 품목의 수락시험에 합격한 로트들의 시험결과를 기본 자료로 하여 계량형 1회 샘플링 계획에 따라 설계된 것이다. 등급평가곡선의 특징은 중심에서 큰 표준편차를 허용하고, 평균값이 기준값에서 멀어질수록 허용되는 표준편차가 서서히 작아지는 것이다.

그림 4는 등급평가 곡선의 작성 순서를 개략적으로



[그림 3] 8인치 추진장약 KM2 등급평가곡선



[그림 4] 등급평가곡선 작성순서

나타낸 것이다. 그림 5에서 S_p , S_A 는 수락시험결과를 자료로 하여 계산한다. 총평균은 각 수락로트의 평균을 사용하여 구하고, S_p , S_A 는 각 로트의 평균 및 로트의 분산으로부터 식 (4), 식 (5)를 이용해서 구한다.

$$S_p^2 = \sum_i S_i^2 / k \quad (4)$$

$$S_A^2 = \left\{ \sum_i (x_i - X) S_i^2 \right\} / (k-1) \quad (5)$$

- x_i : i번째 로트의 로트평균
- X : 전체로트평균
- S_i : i번째 로트의 로트표준편차
- k : 전체 로트수

S_T 는 각 개별 시험치의 표준편차와 로트간의 표준편차를 이용해서 계산하는데 식 (6)과 같다.

$$S_T = \sqrt{S_A^2 + S_p^2} \quad (6)$$

- S_A : 로트간 표준편차
- S_p : 개별자료간 표준편차

K_X 는 등급평가곡선작성용 통계표에서 X 값과 LQS 값을 이용해 구할 수 있다.^[2] 등급곡선에서 평균값의 범위를 나타내는 X_X 와 표준편차의 허용범위를 의미하는 Y_X 를 식 (7), 식 (8)로 구할 수 있다. 구해진 X_X , Y_X 를 도시하면 그림 3과 같은 형태의 등급평가곡선을 얻게 된다.

$$X_X = X \times 3S_T \quad (7)$$

$$Y_X = K_X \times 3S_T \quad (8)$$

- X : 0~1 사이의 임의 값
- K_X : LQS별 편차범위값
- S_T : 총 표준편차

3. 현 ASTP의 문제점 검토

현재 이용하고 있는 ASTP는 기능 및 비기능시험 결과가 탄약의 성능과 안전성에 미치는 영향에 따라 등급을 구분하고 있다. 이러한 ASTP의 등급 분류 기준과 국방규격, 악작용 허용기준 등 기존의 탄약 평가 기준을 비교하고, 등급기준에 의한 등급별 허용결점수 및 구간계산방법에 있어서의 문제점을 도출하였다.

가. 등급 평가 기준

기존의 ASTP에서 비기능시험의 1등급과 기능시험의 A등급은 생산시의 품질수준으로 정의되어 있고, LQS p_1 과 p_2 로 계산되어지며 주요 결정인자는 p_1 이다. 이 때 p_1 은 수락시험에 합격한 로트들의 평균품질수준이다. 수락시험의 판단기준이 국방규격이기 때문에 수락시험에 합격한 로트의 평균품질수준은 국방규격의 수락기준보다 높다. 따라서 ASTP의 1등급과 A등급의 분류기준이 국방규격의 수락기준보다 엄격해지게 된다. 이로 인해서 수락시험에 합격한 로트를 ASTP의 기준으로 평가할 경우 비기능시험에서 2등급으로 평가되거나, 기능시험에서 B등급으로 부여되는 경우가 발생하게 된다. 이러한 사례로 계수형 특성치로 평가되는 기계식 시한신관 KM564의 지면충격작동시험의 불량율과 계량형 특성치로 평가되는 8인치 추진장약 KM2의 포구속도를 들 수 있다. 표 2는 기계식 시한신관 KM564의 지면충격작동시험과 8인치 추진장약 KM2에 대한 시험시료수 및 판정기준을 나타낸 것이다.^[5~9] 표 2에서 보는 바와 같이 기계식 시한신관 KM564의 경우, ASTP에서 A등급의 판정기준이 20발 중 1발 실패로 불량률 5%인데 비하여, 국방규격의 수락시험 합격 기준은 10발중 1발 실패

패로 불량률 10%를 허용함을 알 수 있다. 즉, 6~10%의 불량률을 가진 로트가 있을 경우 수락시험에 합격하더라도 ASRP평가에서는 A등급이 되지 못하고 B등급으로 판정되는 경우가 발생하게 된다. 그리고 8인치 추진장약 KM2의 경우에는 국방규격의 포구속도 수락기준은 평균이 $594 \pm 15\text{m/s}$ 이고, ASTP의 A등급 판정기준은 $594 \pm 6.6\text{m/s}$ 이다. 이처럼 ASTP의 허용범위가 국방규격에 비해 엄격하게 적용되므로 수락시험에 합격한 로트가 ASRP에서 A등급으로 판정되지 못하는 경우가 생기게 되는 문제점이 있다.

기존의 ASTP는 치명결점, 중결점, 경결점의 수에 따라서 등급을 구분하고 있는데, 치명결점이 하나라도 발생하면 D등급으로 분류가 되는데 반하여, 중결점과 경결점은 그 수가 아무리 많아도 D등급으로는 분류가 되지 않는다. 중결점과 경결점은 기준에 따라 비기능항목의 경우에는 1, 2, 3등급으로, 기능항목의 경우에는 A, B, C등급으로 세 개의 등급으로 부여되므로 결점수가 많아져도 부여할 수 있는 최저 등급이 3등급 또는 C등급이다. 신관에서 불폭이 발생하는 경우를 예로 들면, ASTP에서는 20발을 시험하여 20발 전량이 불폭되더라도 C등급으로 판정된다. 그러나 군탄약규정에는 불폭률이 5%를 초과하고, 불발수가 3발 이상이면 악작용으로 분류되도록 되어 있으므로 군에서는 이러한 경우 악작용으로 보고하게 된다^[4]. 즉, 사용자는 악작용으로 분류하는 신관을 ASTP에 의해서는 C등급으로만 분류되는 문제점이 있다. 참고로 현재 일부 ASTP에서는 이러한 문제로 인하여 별도의 주기를 추가하여 중결점이 일정비율 이상 발생하면 D등급으로 부여할 수 있는 근거를 마련한 경우도 있다.^[5]

[표 2] ASTP와 국방규격의 비교

품목(시험항목)	ASTP	국방규격
기계식 시한신관 KM564 (지면충격작동)	시료수:20 A등급:1이하	시료수:10 AC/RE:1/2
8인치 추진장약 KM2(탄속)	$594\text{m/s} \pm 6.6\text{m/s}$	$594\text{m/s} \pm 15\text{m/s}$

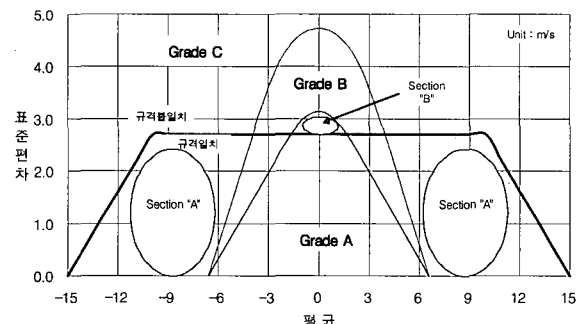
나. 등급 분류 체계

기존의 ASTP는 신뢰성이 저하된 탄약에 대하여 그 저하 정도에 따라서 비기능등급은 2 또는 3등급으로, 기능등급은 B 또는 C등급으로 나누고 있다. 신뢰성이 낮은 탄약로트에 대한 등급은 계수치일 경우에는 불량이 발생하는 비율에 따라 구분하며, 계량치일 경우에는 평균값과 표준편차에 따라서 구분한다. 이처럼 ASTP에서는 비기능등급과 기능등급을 2, 3등급과 B, C등급을 나누고, 이러한 각 시험기능별 등급을 통합한 종합등급도 II, III등급으로 구분되어져 있다. 그러나 그림 2의 종합등급과 저장등급을 이용하여 추천등급을 부여하는 일반적 사례를 보면, 종합등급 II, III등급이 거의 유사한 추천등급으로 판정되어진다. 따라서 ASTP의 등급 중 가운데에 존재하는 2개 등급의 구분은 불필요한 것으로 판단되었다.

다. 통계처리 방법

평가대상을 신뢰성있게 평가하기 위해서는 해당탄종의 평가에 필요한 전체 시료수와 각 등급의 평가기준으로 설정된 LQS에 적합한 등급별 허용결점수 또는 허용범위에 따라 계산되어야 한다.

기존의 ASTP에서 계수형 특성치의 등급별 허용결점수를 계산하는 절차를 살펴보면 평가기준으로 설정한 3개의 LQS중 하나인 p_2 를 조정하는 단계가 있다. 최초 설정된 평가기준의 하나인 LQS를 변경하는 것은 통계처리과정의 정확성을 높일 수는 있으나, ASRP 평가의 신뢰성을 떨어뜨리게 된다. 따라서 통계처리과정에서 평가기준을 왜곡함으로써 ASRP 평가의 신뢰성을 저하시키는 문제점이 발생하고 있다.



[그림 5] 등급평가곡선과 수락기준 비교

그림 5는 계량형 특성치의 하나인 8인치 추진장약 KM2의 포구속도에 대한 ASTP의 등급곡선과 국방규격의 포구속도 수락기준을 나타낸 것이다.

그림 5의 국방규격 수락기준 그래프는 평균 ($594 \pm 15m/s$), 10발 사격시의 표준편차($2.71m/s$) 및 로트추정 불량률을 적용하여 도식한 것으로 상·하한 값 부근에서 표준편차가 낮아지는 사다리꼴 형태이고, ASTP의 등급곡선 형태는 높이 솟은 타원형이다.

이처럼 ASTP의 등급곡선과 국방규격의 수락기준이 서로 상이한 모양이기 때문에 국방규격에 합격하더라도 ASTP에서 B등급이나 C등급으로 분류되는 문제점이 발생하게 된다. 그리고 국방규격의 수락기준보다 높은 표준편차를 가지고 있더라도 평균이 규격 중심값에 가까울 경우 ASTP에서는 A등급으로 판정되기도 한다. 그림 6에서 Section "A"로 표시된 부분은 국방규격에 합격하는 품질수준을 가지고 있지만 ASTP에 따라서 C등급으로 판정되어지게 되고, Section "B"로 표시된 부분은 수락기준에는 미치지 못하지만 ASTP에서 A등급으로 판정되어진다.

4. ASTP의 평가기준 및 등급분류 개선

기존 ASTP에서 문제점으로 도출된 등급체계와 평가, 등급별 허용결점수와 등급곡선의 통계처리 기법을 다음과 같이 개선하였다.

가. 평가 기준

1등급 또는 A등급의 평가 기준으로 사용되는 LQS p_1 의 기준을 수락시 합격된 로트의 평균 품질수준으로 할 것이 아니라, 수락합격기준을 사용하는 것이 합당한 방법이라 할 수 있다. 현재의 방법을 사용하여 저장탄약로트에 대하여 평가를 수행할 경우, 국방규격에 합격하는 품질수준을 가진 로트가 기능시험에서 B 또는 C등급으로, 비기능시험에서 2 또는 3등급으로 평가될 수 있다. 이는 평가 기준 설정이 국방규격수준보다 엄격하기 때문이며, 국방규격수준을 통과한 로트들의 평균값이 ASTP의 기준으로 사용하는데 그 원인이 있다.

기존 ASTP에서 기능시험의 A등급이나 비기능시

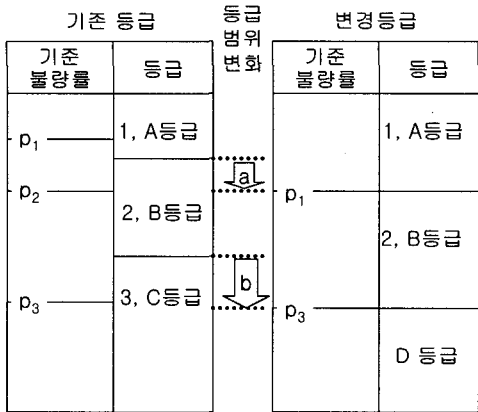
험의 1등급을 결정하는 LQS인 p_1 은 수락시험에 합격한 로트들의 평균품질수준을 기준으로 하고 있다. 이러한 ASTP의 기준은 국방규격보다 엄격하므로 국방규격에 합격하는 품질수준을 가진 로트가 ASRP 결과 II등급으로 평가될 수도 있다. 이러한 문제점은 ASTP의 등급기준을 개선하여 기능등급의 A등급이나 비기능등급의 1등급 기준을 국방규격의 수락기준과 일치시켜 해소할 수 있다.

현재의 ASTP는 치명결점, 중결점, 경결점의 수에 따라서 등급을 구분하고 있는데, 치명결점이 하나라도 발생하면 D등급으로 분류가 되는데 반하여, 중결점과 경결점은 그 수가 아무리 많아도 D등급으로는 분류가 되지 않는다. 그렇지만 중결점의 수가 증가할수록 해당 탄약의 신뢰성은 낮아지므로, 중결점이 많이 발생하면 D등급을 부여하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 이때 D등급의 판정기준은 중결점의 과다 발생으로 군에서 운용 및 취급이 불가능한 수준으로 설정되어야 한다. 이러한 기준으로써 현재 사용하고 있는 것으로는 악작용 판정기준이나 사용자 불만기준이 있다. 중결점사항의 경우 불량률이 악작용 판정기준이나 사용자 불만기준을 초과하게 되면 D등급으로 판정하는 기준으로 삼는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 또한, 이러한 기준이 없는 시험항목의 경우에 국방규격의 수락기준을 표준으로 사용하는 방안으로써, 평가항목의 특성과 탄 운영성을 고려하여 D등급의 판정기준을 국방규격의 수락기준의 150, 200% 등으로 설정하는 것이 적절한 것으로 생각되었다. 즉, 수락기준과 비교하여 중결점 사항이 일정비율이상 발생하거나 수락기준의 일정배수의 범위를 벗어나면 D등급으로 부여하는 방법이다.

나. 등급분류 체계

그림 6은 등급을 판정하는 기준 불량률과 실질적으로 판정되어지는 등급의 범위를 나타낸 것이다.

그림 6에서 보는 바와 같이 기존등급체계에서 1, A등급의 최저위치는 정해진 기준불량률 p_1 과 p_2 의 중간지점에 위치하게 되고, 2, B등급의 최저위치는 p_2 와 p_3 의 중간지점에 위치하게 된다. 그러나 변경된 등급체계에서는 1, A등급의 최저위치는 p_1 에 2, B등급의 최저점은 p_3 에 위치하게 된다. 그리고 등급의 범위는

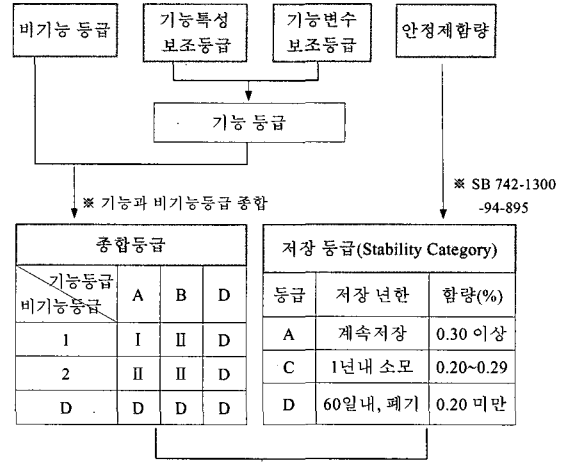


[그림 6] 등급기준과 판정등급범위 비교

변경된 체계에서 화살표 “a”와 “b”만큼 상위등급의 범위가 증가되었다.

비기능과 기능시험의 두 번째와 세 번째 등급은 하나의 등급으로 통합하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 기존의 ASTP는 신뢰성이 저하된 탄약에 대하여 그 저하 정도에 따라서 비기능등급은 2, 3등급으로, 기능등급은 B, C등급으로 나누고 있다. 여기에서 종합등급 II, III은 추천등급이 거의 유사하게 부여되므로 두개의 등급으로 별도로 구분하는 것은 불필요함을 알 수 있다. 따라서 등급간의 구분이 불필요한 종합등급 II, III을 하나의 등급으로 통합하고, 비기능등급 2와 3, 기능등급 B와 C도 하나의 등급으로 통합하는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 이에 따라 ASTP의 등급체계를 기존의 4단계의 등급형태에서 두 번째 등급과 중복되는 개념을 포함하고 있는 세 번째 등급을 통합하여 3단계로 변경하였다. 그 결과 새로 개선된 ASTP에서 비기능등급은 1, 2, D, 기능등급은 A, B, D, 종합등급은 I, II, D 3개의 등급으로 되었다. 그림 7은 새로운 등급체계를 적용했을 때의 추천등급 부여 사례를 나타낸 것이다.

1, A, I로 표기되는 등급은 국방규격의 수락기준보다 양호한 품질수준을 가진 것을 의미하며, D등급은 탄약의 성능이 많이 저하되었거나 안전성이 취약함을 뜻한다. 그리고 2, B, II등급은 수락기준과 비교하여 성능은 저하되었으나 악작용이나 사용자 불만이 발생할 수준에 도달하지 않은 탄약에 대하여 부여되는 등급이다.



* 각 기능별 등급과 각 결점이 미치는 안전성, 사용가능성, 경제성, 평가 가능한 품목의 특수성, 군 운용 개념 등을 고려하여 종합적으로 평가

※ 사례: 추천등급(탄약상태기호) 부여

상태기호 부여			
저장등급 / 종합등급	A	C	D
I	A	C,F	H,F
II	B,C,F	B,C,F	H,F
D	B,H,F	H,B,F	H,F

*탄약상태기호
 A:제한없이 사용 및 불출
 B:조건부 불출
 C:우선불출
 J:임시불출중지
 F:개수정비
 H:처리대상탄

[그림 7] 개선된 추천등급 평가

다. 통계처리 기법

1) 계수형 특성치

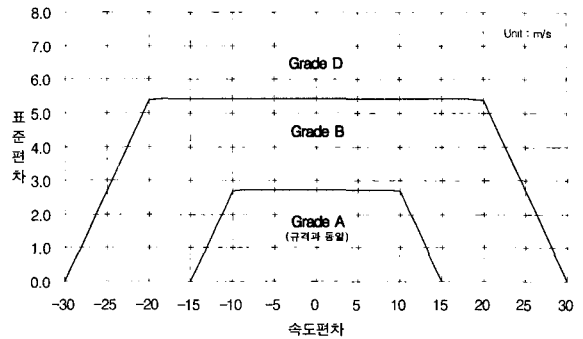
ASRP 평가의 신뢰성을 높이기 위하여 앞서 검토된 3개 등급으로 이루어진 등급체계에 맞춰 평가기준을 연구하였다. 첫째등급과 둘째등급, 둘째와 셋째등급을 구분하는데 p_2 를 사용하지 않고 p_1 과 p_3 을 직접 적용하여 p_2 의 조정에 따른 등급의 왜곡을 방지하였다. 이러한 평가기준에 따라 각 시료수별로 결점수를 산정하는 통계적 기법은 국방규격에서와 같이 주어진 불량률 기준을 따라 AQL로 적용하여 계산하는 방법을 제시하고자 한다. 이 계산방식은 정해진 판정기준을 만족하면서 공급자와 소비자의 위험을 최소화시키는 것으로 여기에서는 생산자위험(α)을 약 5%, 소비자 위험(β)을 약 10%로 하는 방법을 선택하였다^[10]. 등급별 확률의 계산은 전체 평가대상로트의 크기에 비하여 시료의 수는 적으므로 이항분포를 이용한 식

(2)를 사용하였다. 이는 기존의 ASTP에서 3개의 불량률 기준을 사용하여 2개의 허용결점수를 찾는 통계기법과 그 원리는 동일하다. 예를 들어 설명하면 등급을 구분하는 AC/RE에서 수락결점수보다 적은 결점을 가진 경우의 등급할당확률은 90%이상이고, 수락하지 않는 결점수보다 많은 결점을 가진 경우의 등급할당확률이 5%이하가 되는 것을 의미한다. 이는 기존의 ASTP가 여러개 등급으로 구분된 것을 동시에 계산하는데 비해, 새로운 방법은 설정된 1개 기준에 대하여 계산하는 것이 서로 다르다. 이와 같이 등급분류기준인 p_1 과 p_3 를 그대로 적용하여 등급을 구분함으로써, 기존의 통계처리방식에서 문제가 되었던 p_2 에 의해 등급구분이 왜곡되는 현상을 방지할 수 있다.

2) 계량형 특성치

계량형 특성치의 등급 구분 기준이 되는 등급평가 곡선이 국방규격의 수락기준과 비교하여 평균과 표준편차의 분포형태가 서로 상이한 것이 가장 큰 문제점으로 검토되었다. 이를 해결하기 위해서는 ASTP의 등급체계를 4단계에서 3단계로 변경함에 따라 계량형 특성치의 등급을 구분하는 기준이 새로이 정립되어야 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 ASTP의 등급곡선의 형태를 현재와 같은 연속적인 곡선형태에서 국방규격과 같은 사각형 또는 사다리꼴 형태를 가진 등급 구분선으로 변경하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 이러한 검토 결과에 따라 8인치 추진장약 KM2의 탄속에 대해서 개선된 방식을 적용하여 등급곡선을 그리면 그림 8과 같다. 그림 8에서 등급체계는 C등급 없이 A, B, D 3개의 등급으로 하였다. 그리고 A등급과 B등급의 구분은 기존의 등급평가곡선이 수락시험에 합격한 로트의 평균을 적용하여 수락기준에 비하여 엄격한 판정기준을 적용하였으나 이를 개선하여 수락기준을 그대로 적용하였고, B등급과 D등급의 구분은 국방규격 수락기준에서 허용하는 범위의 2배로 설정하였다. 그리고 등급평가곡선을 국방규격과 같이 평균, 편차, 로트추정불량률을 적용하여 도시하였다. 이처럼 ASTP의 등급평가곡선을 국방규격의 수락 기준과 같이 표준화시켜 ASRP시험결과에



[그림 8] 등급곡선 개선안

대한 등급 판정시 양호한 품질수준을 가지고 있는 로트가 B등급 이하로 판정하는 등의 오류를 해소할 수 있었다.

위에서 B등급과 D등급의 구분은 요구성능을 과도하게 벗어나는 수준을 선정하는 것이 원칙으로써 이러한 수준의 객관적인 기준으로는 악작용 판단 기준을 활용하거나 국방규격과 비교하여 일정범위 이상 이탈한 값을 기준으로 삼을 수 있다. 즉 사거리의 경우 악작용으로 판정하는 사거리 공산오차를 이탈하는 값을 이용하는 방법 등이 있다.

5. 결론

ASTP의 등급체계와 판정기준, 통계처리기법을 검토하여 새로운 방안을 제시하였다.

첫째, 기능시험의 A등급과 비기능시험의 1등급의 판정기준을 국방규격 수준으로 완화함으로써, 국방규격에 합격한 로트는 ASRP평가에서도 최고의 등급으로 판정될 수 있도록 하였다.

둘째, 치명결점이 존재하지 않더라도 중결점 특성들이 과다하게 발생하여 탄약의 신뢰성이 현저히 저하된 로트를 D등급으로 부여토록 하였다.

셋째, ASTP에서 기능등급의 B, C등급과 비기능등급의 2, 3등급을 하나의 등급으로 통합함으로써 전체적인 등급체계를 4단계에서 3단계로 변경하였다. 그리고 비기능등급과 기능등급을 종합하여 부여되는 종합등급도 I, II, D 3개의 등급으로 단순화하였다.

넷째, 주어진 LQS에 적합한 등급으로 부여될 수

있도록 등급별 허용결점수 및 허용기준을 계산하는 통계적 방법을 검토, 적용하였다.

본 논문에서 검토된 방안을 ASTP에 적용하면 다음과 같은 효과가 기대된다. 국방규격을 만족하는 품질수준을 가진 로트가 ASRP에서도 양호한 등급으로 판정되도록 하여 ASRP의 신뢰성과 객관성을 높이고, 주요 성능에서 품질저하가 많이 발생한 것은 D등급으로 판정하여 처리대상탄이나 정비대상탄의 식별을 용이할 것이다. 또한 ASRP등급을 간결하게 정리하고, 추천등급 판정과정을 단순화시켜 ASRP업무의 효율을 향상시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 군장33424-2076, “저장탄약신뢰성 평가(ASRP) 업무지침”, 2002. 2. 28.
- [2] 서완석, “저장탄약 시험절차서 작성을 위한 연구”, 국방과학연구소, 1993. 11.
- [3] SB 742-1300-94-895, “Propellant and Propelling Cahrge Ammunition surveillance Procedures”, 1998. 6. 1.
- [4] 육군 규정 447, “탄약규정”, 육군본부, 2003. 4. 1.
- [5] ASTP1390-0007-2 연, “기계식 시한신관 KM564”, 국방과학연구소, 2002. 12. 28.
- [6] KDS 1390-1001-1 연, “기계식 시한신관 KM564”, 국방과학연구소, 1992. 8. 26.
- [7] ASTP 1320-0004 품, “8인치 추진장약 KM2”, 국방품질관리소, 2000. 7. 20.
- [8] KDS 1320-1001 연, “8인치 추진장약 KM2”, 국방과학연구소, 1979. 5. 18.
- [9] MIL-STD-414 “Sampling procedure and tables for inspection by variables For percent defective”, Department of Defense, 1999. 2. 2.
- [10] “통계적 품질관리”, 한국표준협회, 1998.
- [11] 강재준, “탄약저장 신뢰성 평가계획(ASRP)”, 국방과학연구소, 1982.
- [12] 시사장 수락시험절차서 P-8H-2A “8인치 추진장약 KM2 충전, 결합 및 포장”, 국방과학연구소, 1995. 9. 20.