

A Study on the Deduction of Internal Temperature of the Ground Magazine

Hyungju Park*[†] · Myoungjin Choi** · Jaekyung Yang***

*Dept. of Fire Administration Service, Howon University

**Dept. of Defense and Science Technology, Howon University,

Dept. of Industrial and Information Systems Engineering, Chonbuk National University

***Dept. of Industrial and Information Systems Engineering, Chonbuk National University

지상형 탄약고의 내부온도 감소 방안 연구

박형주*[†] · 최명진** · 양재경***

*호원대학교 소방행정학과

**호원대학교 국방기술학부, 전북대학교 산업정보시스템공학과

***전북대학교 산업정보시스템공학과

Among ammunitions which are stored in a war field, the lifespan of propelling gunpowder is affected by storage environment such as storage temperature, humidity, and exposure to sunlight. These are because Nitrocellulose (NC) which is the main component of propelling gunpowder can be naturally disassembled to unstable substances similar with other nitric acid ester. We can't prevent it fundamentally from being disassembled, but to restrain induction of automatic disassembly by decomposition product, a decomposition product (NO₂, NO₃, and HNO₃) and tranquillizer DPA (Diphenylamine), having high reactivity, are added into a propellant. For this, it will decrease the velocity of tranquillizer which can also affect the velocity of producing the decomposition product of NC, storage temperature or humidity of propelling gunpowder is higher, drop of tranquillizer content is much faster. Therefore, to extend storage lifespan of propelling gunpowder, it is really important to control storage temperature or humidity inside the magazine. Hereupon, according to the manufacture of small scale model magazine and the result of performing experiments and measuring variation of inside temperature (storage temperature), using roof types that have a steel slate structure of magazine among ground magazines, this research shows the differences in details.

Keywords : Magazine, Propellant, Ground Magazine, Storage Temperature, Roof Type

1. 서 론

현재 군에서 분류 및 운영중인 탄약고의 형태는 지상형, 이글루형, 지하형 3가지로 이들 중 지상형 탄약고를 주로 사용하고 있다. 지상형 탄약고는 보통 시멘트 블록 벽과

콘크리트 바닥, 슬레이트 또는 경금속 재질이나 콘크리트 슬라브 지붕 등의 내화 자재로 건축되어 있으며, 구조물 특성상 양호한 통풍으로 습기 발생을 억제할 수 있는 장점이 있는 반면에 화재 및 파편의 위험과 계절별 탄약고 내부 저장온도 차이가 커 일정한 온도 유지가 곤란하다는 단점을 가지고 있다[4, 6].

탄약고 내부 저장온도 차이가 큰 원인으로는 다른 형태의 탄약고에 비해 지붕재의 단열효과가 낮아 복사열에

의한 열이 저장고 내부로 그대로 전달되기 때문이며, 높은 저장고 내부 온도는 탄약의 성능저하에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 특히 추진장약의 경우 저장온도가 상승할수록 안정제(DPA : Diphenylamine)의 함량이 빠르게 감소하고 이로 인해 탄약의 저장수명 또한 급격히 감소하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 지상형 탄약고 보다 이글루형 탄약고에 저장하는 것을 우선하고 있으나 창(보급소)별 저장 공간 부족 등으로 추진장약의 상당 부분을 지상형 탄약고에 저장관리하고 있어 저장고 상단 부분에 위치한 추진장약의 성능저하에 의해 폐기되는 양이 증가하고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 지상형 탄약고의 단점인 복사열에 의한 내부온도 상승을 감소시킬 수 있는 하나의 방법으로 탄약고의 지붕형태를 개선하고 이에 따른 내부온도 변화를 측정하였으며, 측정된 내부 온도로부터 추진장약의 저장수명을 계산하였다.

2. 기존연구 고찰

2.1 추진장약 안정제 감소 원인

추진장약의 주원료로 사용하고 있는 Nitro-cellulose(NC)는 질산 화합물로서 내·외부에서 발생 또는 전달되는 열의 축적으로 자연발화의 위험성이 있으며, 다른 에스테르 화합물과 마찬가지로 장기간 저장하거나 수분, 직사광선, 열, 산성물질에 의해 자연분해 되어 NO₂, NO₃ 등의 질소 산화물과 HNO₃을 생성시킨다[5]. 이러한 NC의 자연분해 생성물들은 질산에스테르 분해를 촉진시키는 자동촉매 반응을 유도하므로 NC의 분해반응을 더욱 가속시키게 된다[1, 7].

이와 같이 자연분해 반응을 근본적으로 방지할 수는 없으나 반응열을 금속용기와 같은 열 흡수장치를 사용하여 분산시키는 방법과 안정제를 첨가하여 분해반응을 조절하는 방법을 활용하여 자연분해를 지연시키고 있다. 현 군이 보유하고 있는 추진장약은 위 두 가지 방법을 적용하여 생산 및 저장관리 중에 있으나, 추진장약의 안정제 함량은 장기저장에 따라 감소할 뿐만 아니라 저장환경에 따라 그 감소속도에 차이를 보이고 있다. 이처럼 첨가된 안정제의 감소는 추진장약의 저장수명에 직접적인 영향을 미치며 저장온도, 습도, 일광노출 등의 조건은 탄약고 유형, 퇴적위치, 추진약통의 개방 여부 등에 따라 달라지게 된다.

2.2 저장온도에 따른 추진제 반응속도

추진제의 저장수명은 안정제의 감소 속도로부터 추정하며, 추진제의 한계수명 판단기준은 자연발화의 위험성

없이 저장 가능하다고 알려진 잔류안정제 함유량 0.2wt%를 기준으로 한다[9]. 또한 NC는 반응온도가 20℃에서 30℃로 상승할 경우 그 반응속도는 3.45배 증가한다[8]. Arrhenius Equation(식 (1))은 반응이 진행되기 위해서는 최소한의 에너지가 필요하며 이러한 최소에너지 이상의 에너지를 갖는 분자가 많을수록 반응속도는 증가하며, 낮은 온도보다 높은 온도에서 활성화 에너지 이상의 분자수가 많게 되어 반응온도가 증가할수록 반응속도는 빨라짐을 의미한다. 반응속도 상수 k 와 온도 T 와의 관계는 다음과 같이 제시되었다[3].

$$k_1 = k_0 \times e^{-Ea/RT} \quad (1)$$

여기서, k_1 : 반응속도상수(day⁻¹)

k_0 : 반응속도 최빈수(day⁻¹)

Ea : 활성화 에너지(cal/gmol)

R : 기체상수(1.987cal/gmol, K)

T : 절대온도(K)

이를 다시 정리하면

$$\ln k_1 = \ln k_0 - (Ea/RT)$$

$$\ln k_1 = a - b/T \text{이고,}$$

여기서, $a = \ln k_0, b = Ea/R$

일반적으로 안정제의 분해속도는 안정제의 농도에 1차 비례하는 것으로 가정하면 시간경과에 따른 안정제의 농도는 식 (2)과 같이 지수함수로 감소하게 되는데, 이 식은 추진제의 저장수명 추정에 종종 사용된다. 또한 반응속도 상수는 일반적으로 온도의 함수로 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$S = p_0 e^{-kt} \text{ 또는 } \ln S = \ln p_0 - kt \quad (2)$$

여기서, S : 0.2wt%(수명한계 안정제 함유량)

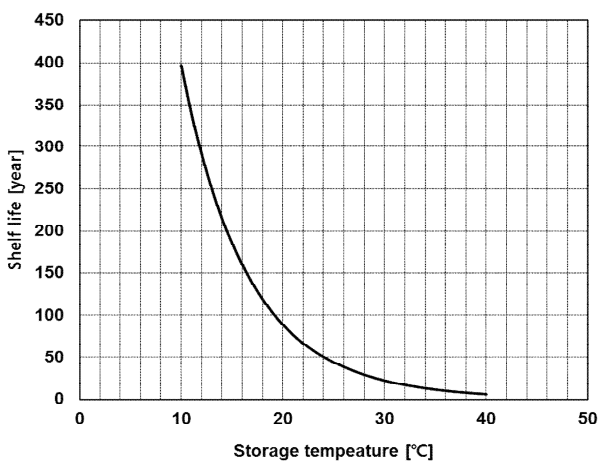
p_0 : 0.84wt%(최초 안정제 함유량)

$$\text{Arrhenius: } \ln k = 32.301 - 12402/T \quad (3)$$

식 (2)와 식 (3)는 저장분석시험법을 통해 평가 및 검증되었으며, 추진제 저장수명 추정에 적용 및 활용한다[2]. 이를 근거로 Arrhenius Equation에 의한 저장온도에 따른 저장수명 예측 및 추세를 살펴보면 <Table 1>과 같으며, <Figure 1>과 같이 지수함수 분포를 따르게 된다.

<Table 1> Life Expectancy of Arrhenius Equation

Temperature		Life Expectancy	
℃	K	Day	Year
20	293	32463.41	88.94
21	294	28110.47	77.02
22	295	24364.97	66.75
23	296	21138.95	57.91
24	297	18357.61	50.29
25	298	15957.33	43.72
26	299	13883.89	38.04
27	300	12091.09	33.13
28	301	10539.46	28.88
29	302	9195.31	25.19
30	303	8029.82	22.00
31	304	7018.30	19.23
32	305	6139.62	16.82
33	306	5375.65	14.73
34	307	4710.82	12.91
35	308	4131.75	11.32
36	309	3626.95	9.94
37	310	3186.49	8.73
38	311	2801.86	7.68
39	312	2465.68	6.76
40	313	2171.62	5.95



<Figure 1> Relationship of Storage Temperature and Shelf Life

평균 저장온도 25℃ 기준으로 저장수명 예측은 약 43.72년으로 평균 저장온도가 올라갈수록 저장수명 예측은 지수함수 분포로 하락한다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 추진

장약의 저장수명은 저장온도에 따라 크게 변동되며, 저장온도를 낮추는 것은 추진제의 저장수명을 연장시키는 중요한 요소라 할 수 있다.

2.3 지붕 재질 및 형태에 따른 탄약고 내부온도 변화 사례

추진장약의 분석시험 결과 지상형 탄약고는 지붕 재질 및 퇴적위치(상·중·하단)에 따라 <Table 2>에서 보는 바와 같이 안정제 함량의 차이가 발생했다. 이는 탄약고 지붕에 복사열이 축적되고 단열효과가 작은 지붕을 통해서 탄약고 내부로 열이 전달되기 때문이며 이로 인하여 퇴적상단의 온도가 높게 측정이 되고 안정제 함량이 저하된 것으로 확인되었다.

재질별 단열효과는 <Table 3>에 보는 바와 같이 단열강판 > 스텔트 > 강판 순이었다. 또한 강판지붕과 단열강판 지붕의 일일 온도변화폭을 살펴보면 최고온도와 최저온도 편차가 강판 지붕 탄약고는 13.4℃, 단열강판 지붕 탄약고는 3.9℃이며 외기 온도 차이는 7.3℃인 것으로 나타났다[6].

이와 같이 복사열 차단 효과를 극대화 하기 위해 지상형 탄약고 지붕재질 및 형태의 변경이 요구되어, 차후 강판 재질의 지상형 탄약고는 단열강판으로 교체될 예정이다.

그러나 단열강판으로 교체할 경우 탄약고 내부의 최고온도를 일반 강판재질에 비해 낮출 수 있으나, 단열강판의 특성상 보온효과가 우수하여 일몰 후 최저온도가 강판

<Table 2> Stabilizer DPA Contents(%) with Roof Material and Stockpile Location

Roof Material	Accumulation Location	155mm No. 8 propellant	155mm White propellant
		Slate	Upper: 0.41, Lower: 0.47
S. Panel	Upper: 0.37, Lower: 0.46	Upper: 0.73, Lower: 0.79	

<Table 3> Changes of Internal Temperature by Roof Material

	Min. T(℃)		Max. T(℃)		Deviation (℃)
	Time (hour)	℃	Time (hour)	℃	
Outside T.	04	22.9	15	30.2	7.3
Insulation Panel	07	27.9	16	31.8	3.9
S. Panel	06	25.6	13	39.0	13.4

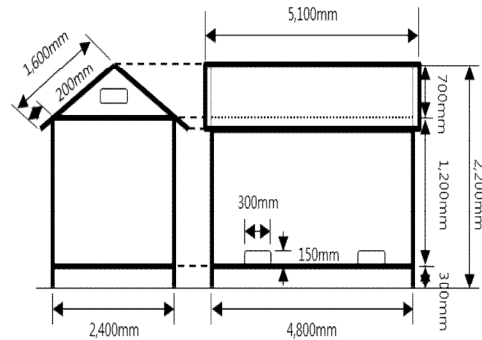
재질에 비해 높아 저녁 시간대 상대적으로 높은 온도를 유지하고 있어 추진장약의 저장수명에 미치는 영향이 더 클 것으로 판단된다. 또한 단열강판으로 교체 비용에 있어서도 탄약고 1개동 당 89평형은 약 3,300만 원, 131평형은 약 1억 원이 소요될 것으로 예상됨에 따라 전체를 교체할 경우 막대한 예산이 필요할 것으로 판단된다[6].

3. 실험

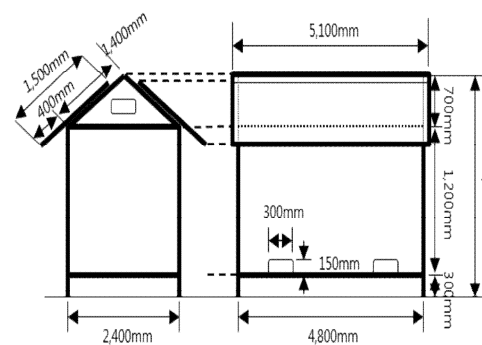
기존연구 결과 추진장약은 저장온도가 높을수록 안정제 함량이 빠르게 감소한다는 것을 확인했다. 이처럼 지상형 탄약고는 지붕 형태 및 재질에 따라 내부온도 변화가 크게 상이하며, 특히 강판 지붕형태가 다른 재질보다 내부온도 변화가 크다는 것을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 강판재질과 단열강판의 단점을 보완하기 위한 하나의 방법으로 <Figure 2>과 같이 기존 강판 슬레이트 형태(Type I, Single Panel)와 동일한 강판 슬레이트를 역으로 중첩 설치(덧 씌우기)한 형태(Type II, Double Panel)의 두 가지 지붕형태를 제작 및 설치하여 탄약고 내부온도 변화를 측정하였다. Type II 지붕형태는 강판 사이에 골이 형성되도록 한 형태로 골 사이에 공기 흐름이 유도되어 복사열에 의한 강판의 열을 차단 및 냉각효과를 발생시켜 탄약고 내부로 열의 전달을 낮추어 탄약고 내부 저장온도 감소 효과를 증명하고자 한다.

이를 위해서 기존 지상형 탄약고의 형태를 약 1/10 규모로 축소하여 <Figure 3>와 같이 지상형 탄약고 2개동 제작하였으며, 1개동은 Type I 형태의 탄약고, 1개동은 Type II 형태의 탄약고를 제작하였다.

또한 축소모형의 지상형 탄약고 내부 온도 변화를 측정하기 위하여 <Figure 4>과 같이 내부에 출입구를 중심으로 앞, 중간, 뒤 3개소에 상·중·하단으로 나누어 9개소에 K-type 온도센서를 설치하여 내부온도 변화를 측정



a) Roof Type I

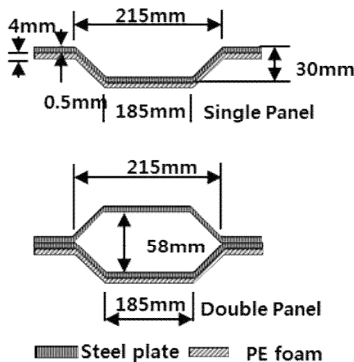


b) Roof Type II

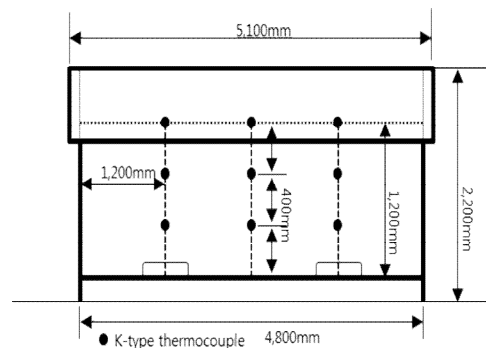


c) Installation Views

<Figure 3> Miniature of Ground Magazine



<Figure 2> Roof Type



<Figure 4> K-type Sense Position inside Ground Magazine.

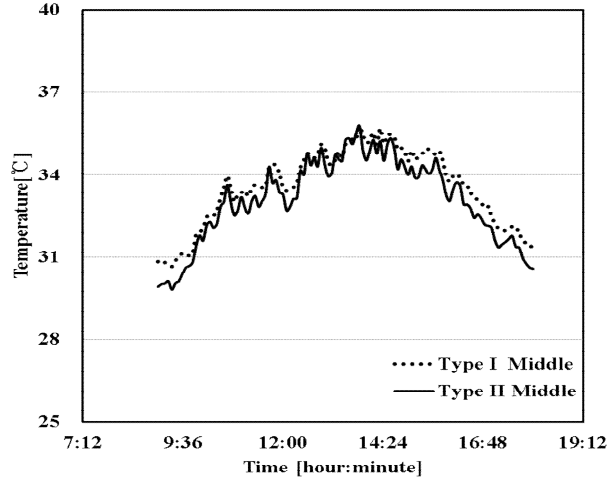
하였다. 측정부분을 세분화한 것은 추진장악의 자연분해가 고온에서 가속되고 동일 지상형 탄약고 내에서도 복사열을 가장먼저 받는 높은 상단이 하단에 비해 추진제의 분해반응속도가 커서 안정제 함량이 더 저하될 것으로 판단되기 때문이다. 즉, 온도편차의 차이가 발생할 것으로 판단하기 때문이다.

4. 결과 및 고찰

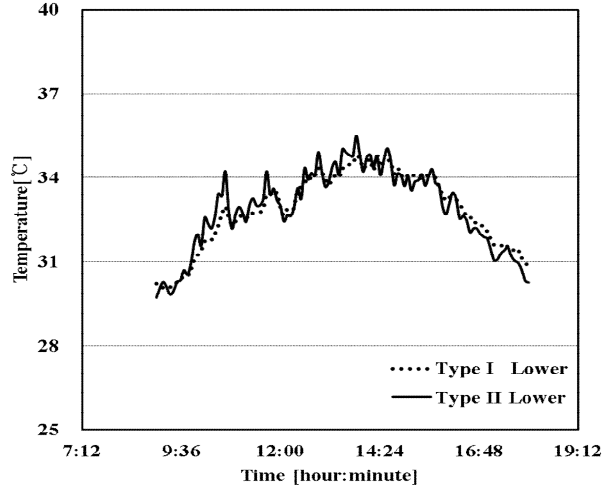
4.1 탄약고 내부 온도 변화

내부온도 측정 기간은 2012. 8. 15~20까지 실시하였으며, 측정 시간대는 09:00~18:00까지 5분 간격으로 K-type 온도센서를 활용하여 데이터를 수집하였다. 기간 중 우천시를 제외하고, 연속적으로 변화되는 데이터 분석을 위해 8. 17~19까지 측정한 데이터를 활용하였으며, Type I, II 형태의 탄약고 내부 온도변화를 분석하였다. <Figure 5>는 탄약고 지붕형태 Type I, II 별 내부온도 변화를 상·중·하단 부 각 3개소(앞, 중간, 뒤) 측정한 온도의 변화를 비교한 그래프이다. <Figure 5>에서 보는 바와 같이 지붕형태에 따라 내부온도 변화의 차이가 있음을 살펴볼 수 있으며, 하단부보다 상단부에서 더 큰 온도 편차가 있음을 알 수 있다.

Type I, II 축소모형 탄약고의 최고 내부 온도편차를 보면 살펴보면 <Table 4>과 같으며, 상단부 중앙의 온도 편차가 약 4.4℃로 가장 높았으며, 하단부 뒤쪽의 온도 편차가 약 2.1℃로 가장 낮았다. 즉, 내부 온도 편차의 차이는 지붕과 가까운 상단부 > 중앙부 > 하단부 순이었으며, 중앙에 위치한 3개소(상·중·하)에서 온도 편차가 높게 나타났다. 이는 상단부가 복사열에 직접적으로 영향을 미

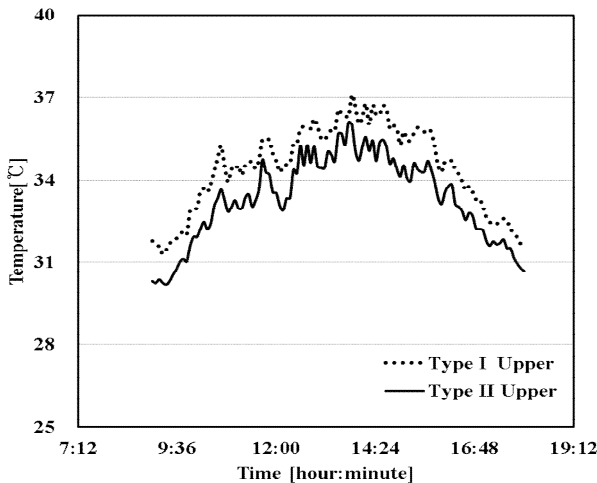


b) Average Temperature profile of Middle in Type I and Type II



c) Average Temperature profile of Lower in Type I and Type II

<Figure 5> Average Temperature Changes of Internal Temperature about Upper, Middle and Lower



a) Average Temperature profile of Upper in Type I and Type II

<Table 4> Changes of Internal Temperature by Roof Type

		Type I (°C)	Type II (°C)	Deviation (°C)	Date/Time
U	Center	38.574	34.141	4.433	8.17 / 14:30
	Front	38.818	35.322	3.496	
	Back	38.304	35.068	3.236	8.17 / 12:00
M	Center	30.797	27.526	3.271	8.18 / 12:05
	Front	37.315	34.652	2.663	8.17 / 14:25
	Back	35.313	32.36	2.953	8.17 / 11:20
L	Center	30.405	26.495	3.91	8.18 / 12:05
	Front	35.834	33.298	2.536	8.17 / 13:25
	Back	33.758	31.663	2.095	8.17 / 11:20

U : Upper, M : Middle, L : Lower.

친다고 할 수 있으며, 내부 중앙부분이 외부온도 변화 등에 직접적인 영향을 받지 않는다고 할 수 있다.

이 중 최대 편차 약 4.4℃를 보이고 있는 상단부 중앙 Type I(38.6℃)과 Type II(34.1℃)에서 각각 추진장약을 저장관리 한다면, 추진장약의 저장수명은 38.6℃에서 약 7.11년, 34.1℃에서 약 12.74년으로 5.63년의 차이가 발생하게 된다.

4.2 대응되는 Type I, II별 내부온도 변화에 대한 추정과 검증

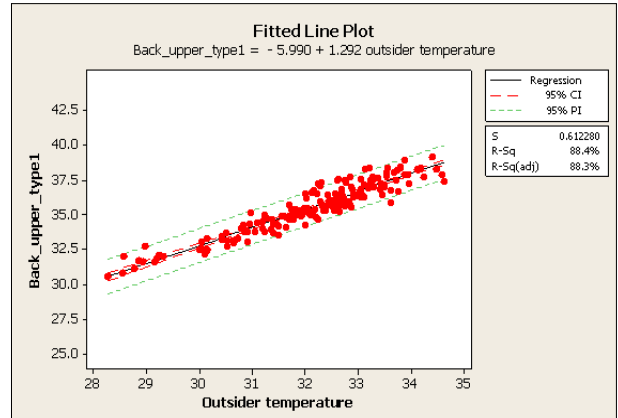
복사열에 의한 두 개의 지붕형태 Type I, II별 내부 온도 변화 차이를 추정 및 검증하기 위하여 2012. 8. 17~19 측정기간 중 일자 별 한 낮 11:00~16:00까지의 데이터를 상·중·하단 부 각 3개소(앞, 중간, 뒤)별 표본 데이터를 각 183개씩 데이터를 추출하여, 지붕형태 Type I, II별 외부온도(x축)와 내부의 온도(y축) 간의 상관관계를 분석 결과 <Table 5>와 같으며, <Figure 6>는 9개소 중 뒤쪽 상단부의 산점도 및 표본 회귀분석 결과이다.

<Table 5>에서 보듯이 Pearson Correlation은 9개 지점 모두 0.8 이상으로 강한 상관관계를 가지고 있으며, 특히 Type II보다 Type I 형태가 더 강한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. <Figure 6>는 뒤쪽 상부의 외부온도 변화에 따른 내부온도의 변화를 Pearson Correlation과 Regression Coefficient를 나타낸 것으로 측정된 온도 데이터로부터 유도된 방정식의 기울기가 Type I이 Type II에 비해 큰 것으로 나타났으며, 이로 부터 외부온도 변화에 따른 내부온도 변화는 Type I 형태가 더 크게 변화 및 분포하고 있음을 확인할 수 있다.

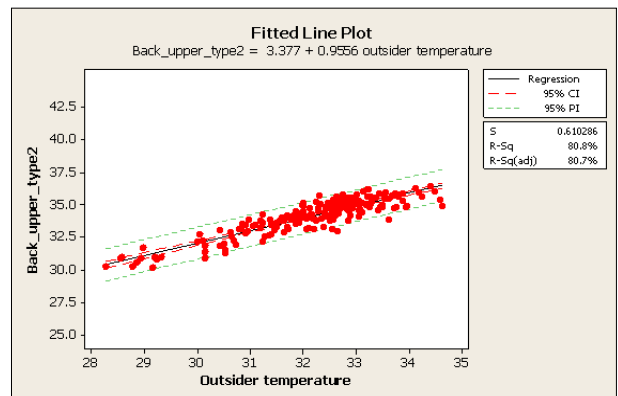
또한, Type I, II의 평균 내부온도 차이를 9개의 측정 위치별로 유의수준 0.05에서 검증하고 신뢰구간을 산출

<Table 5> Pearson Correlation and Regression Coefficient

		Type I	Type II
U	Center	0.924; -3.692+1.228x	0.850; -16.85+1.621x
	Front	0.924; -5.288+1.27x	0.892; 4.943+0.9013x
	Back	0.940; -5.990+1.292x	0.899; 3.377+0.9556x
M	Center	0.917; 0.866+1.054x	0.899; -25+1.893x
	Front	0.914; 1.450+1.028x	0.835; 8.839+0.7599x
	Back	0.917; -0.640+1.092x	0.877; 6.02+0.851x
L	Center	0.920; 4.611+0.9136x	0.889; -38.14+2.307x
	Front	0.915; 3.934+0.9368x	0.819; 9.627+0.7196x
	Back	0.901; 3.315+0.9355x	0.830; 9.051+0.7414x



a) Type I



b) Type II

<Figure 6> Scatter Diagram and Regression Coefficient

하면, <Table 6>과 같다.

<Table 6>에서 보듯이 표본의 분산이 상대적으로 큰 중앙부 3개소를 제외하고는 모두 Type I, II의 내부 평균온도가 유의수준 범위 내 차이가 있다고 볼 수 있으며, 저장위치 즉, 내부 위치에 따라 최대 약 1.7℃ 가량의 평균온도 차이를 보이고 있다.

본 실험에서 획득한 표본 데이터를 기준으로 Type I의 9개소 평균 내부온도는 약 33℃로 이를 기준으로 최대 1.7℃ 차이를 보인다면, 추진체의 수명은 33℃에서 14.73년, 31.3℃에서 18.47년으로 약 3.74년이 연장된다고 할 수 있다. 따라서 Type I, II 지붕 형태의 변화는 내부온도 감소 및 추진장약 저장수명연장에 효과적이라고 할 수 있다. 이에 현 군에서 운영하고 있는 강판제질 지상형 탄약고의 내부온도를 줄이기 위해 <Table 7>에서 보는 바와 같이 고단가의 불연(우레탄 난연) 단열강판으로 교체하는 것보다는 저단가 고효율의 Type II 형태로 대체 방법이 적절하다고 판단된다.

현 야전 군에서 운영 중인 탄약고는 대부분 지상형 탄약고로 앞으로 순차적으로 단열강판으로 교체 할 예정이

다. 이 중 우선적으로 탄약창에 보유 중인 약 730여개의 지상형 탄약고를 단열강판 지붕형태로 교체 중에 있으며, 89평형 탄약고를 기준으로 Type II 형태로 대체한다면 순수 지붕재 재료비 기준으로 약 3억 원의 예산 절감효과를

가져오게 된다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 추진장약의 주성분인 NC의 자연분해억제를 위한 안정제 DPA 감소가 저장온도에 따라 급격히 감소함을 기존 연구 고찰을 통하여 확인했다. 이에 현 야전군에서 운영 중인 탄약고 중 지상형 탄약고 저장온도가 매우 높아 이를 낮추기 위해 지상형 탄약고 지형 형태를 변화시켜 내부온도의 변화에 미치는 영향을 축소 모형 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Type I 형태의 지붕에 동일한 재질 및 형태를 역으로 중첩 설치(덧 씌우기)하여 Type II 형태의 모형을 만들어 내부온도 변화에 가장 크게 미치는 시간대(11:00~16:00)의 내부온도 변화를 측정된 결과 내부온도 편차는 위치별 최고 약 4.4℃~2℃도 정도 차이가 있음을 확인하였다. 또한 유의수준 범위(0.05) 내에 평균 내부온도 변화의 차이가 있음을 증명하였다. 이는 본 실험에서 저장온도 및 저장위치에 따라 추진장약의 저장수명이 약 5.6~3.7년 정도의 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 또한 현 야전군에서 지상형 탄약고 내부 저장온도를 낮추기 위해 단열강판으로 교체작업을 실시 및 예정 중에 있는데, 이를 Type II 형태로 대체한다면 약 44% 예산을 절감하는 효과를 가질 수 있다고 말할 수 있다.

향후 연구 방향은 외부온도 변화율에 따른 내부온도 변화율과 시계열 분석을 통한 계절적 변화에 따른 내부온도 변화율을 고찰한다면 더욱더 좋은 방안이 도출될 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This research was supported by the Research Fund of Howon University, Korea (2013).

References

[1] Cho, K.H. and Chang, I.H., A Study on the Effect of Storing Temperature upon the Self Life of Propelling Charge K676 and K677. *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 2005, Vol. 8, No. 1, p 14-24.

[2] Cho, K.H. and Kim, E.Y., Life Expectancy Estimation of the Propellants KM10 using high Temperature Acceleration Aging Tests and Stockpile Analysis Test. *Korean Chem. Eng. Res.*, 2010, Vol. 48, No. 6, p 695-699.

<Table 6> t-Distribution Hypothesis Testing and 95% CI for Mean Difference

		Type I	Type II
U	Center	Average : 35.6968 Variance : 2.9998	Average : 35.2357 Variance : 6.1986
		$t_0 : 4.09 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (0.239, 0.683)	
	Front	Average: 35.5071 Variance : 3.2163	Average: 33.8982 Variance : 1.7401
		$t_0 : 28.69 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (1.4982, 1.7195)	
	Back	Average: 35.5185 Variance : 3.2153	Average : 34.0776 Variance : 1.9253
		$t_0 : 26.54 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (1.333, 1.548)	
M	Center	Average : 34.7412 Variance : 2.2496	Average : 35.8212 Variance : 7.5554
		$t_0 : -8.42 < t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (-1.333, -0.827)	
	Front	Average : 34.5017 Variance : 2.1517	Average : 33.2504 Variance : 1.4112
		$t_0 : 28.28 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (1.1641, 1.3387)	
	Back	Average : 34.4284 Variance : 2.4126	Average : 33.3585 Variance : 1.6047
		$t_0 : 22.71 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (0.9769, 1.1628)	
L	Center	Average : 33.9589 Variance : 1.6779	Average : 35.9761 Variance : 11.474
		$t_0 : -1.128 < t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (-2.01, -1.66)	
	Front	Average : 34.0306 Variance : 1.7841	Average : 32.7439 Variance : 1.3138
		$t_0 : 35.54 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (1.2152, 1.3581)	
	Back	Average : 33.3687 Variance : 1.8344	Average : 32.8704 Variance : 1.3581
		$t_0 : 11.74 > t(182,0.05) = 1.973$ 95% CI for mean difference : (0.4145, 0.5821)	

<Table 7> Insulation Steel VS Single Steel

	Insulation Panel(75T)	S. Panel	Difference
Unit Cost(Won/m ²)	26,000	7,800	19,200
Material Costs (89pyöng)	9,750,000	5,475,000	4,275,000
Material Costs (131pyöng)	14,235,000	7,999,500	6,241,500

- [3] Gilbert, W. Castellan, Physical Chemistry, Addison-Wesley, 1991.
- [4] Han, H.S., A Study on the Prevention of Dew Condensation in the Igloo-type Magazine, Master's thesis, Chungnam National University, 2007.
- [5] Joseph, B. Levy., Thermal Decomposition of Nitrate Esters II, The Effect of Additives on the Thermal Decomposition of Ethyl Nitrate. *Journal of American Chemical Society*, 1954, Vol. 76, p, 3790-3793.
- [6] Lee, C.Y. and Cho, S.W., A Study on the Shelf Life Extension of Propelling. *Logistics Publish*, 2009, Vol. 29, p 141-147.
- [7] Lee, J.C., Yoon, K.S., Kim, Y.H., and Cho, K.H., A Study on the Shelf-life Prediction of the Single Base Propellants Using Accelerated Aging Test. *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 2007, Vol. 35, No. 2, p 45-52.
- [8] Quinchon, J. and Transcahant, J., Nitro Cellulose, ELLIS HORWOOD, 1986.
- [9] SB 742-1, Supply Bulletin, Ammunition Surveillance Procedures, Headquarters. *Department of the Army*, 1988, p 134A-134O.