

## 탄도 및 지형 특성을 고려한 포병 표적지 크기 결정 방안 연구

김주희<sup>\*,1)</sup> · 성기은<sup>2)</sup><sup>1)</sup> 육군사관학교 기계시스템공학과<sup>2)</sup> 육군사관학교 정치사회학과Research on Artillery Target Size Determination Method  
Considering Ballistic and Terrain CharacteristicsJuhee Kim<sup>\*,1)</sup> · Kieun Sung<sup>2)</sup><sup>1)</sup> Dept. of Mechanical and Systems Engineering, Korea Military Academy, Korea<sup>2)</sup> Dept. of Political science and Sociology, Korea Military Academy, Korea

(Received 2 January 2024 / Revised 27 March 2024 / Accepted 30 April 2024)

## Abstract

This study proposes a method for determining the optimal target size for an artillery range considering ballistics and environmental conditions. To this end, the size of the probable error of each type of ammunition and charge determined during shooting were considered, and the effect of the firing position and target terrain characteristics on the target size was analyzed. In conclusion, the size of the target increased as the range increased, and a larger target size was required for the DPICM than for the general high explosive. Accordingly, the optimal target size must be determined by considering various factors such as topographical characteristics, shooting position location, and shooting range safety standards.

Key Words : Artillery Ammunition Test Sites(포병탄약시험장), Target Size(표적지 크기), Probable Error(PE; 공산오차)

## 기 호 설 명

 $R_{RA}$  : 사거리 공산오차 $R_{DE}$  : 편의 공산오차 $\gamma$  : 낙각 $\theta$  : 피탄지 경사도 $4_{PE}$  : 4사거리 공산오차

## 1. 서 론

포병사격장 표적지의 크기는 탄두의 비행경로를 결정하는 탄도특성과 포탄의 종류 및 탄착점에서 최종탄도의 특성에 의해 결정된다. 포탄이 낙하하여 폭발하는 지역을 표적지라고 하는데, 표적지는 탄약의 공산오차 및 파편 비산거리 등이 고려된 안전기준을 적용하여 그 크기가 결정된다.

탄의 사탄산포는 화기의 종류 및 구경, 사격제원 등에 따라 상이하다. 이러한 탄도특성과 함께 사격장이

\* Corresponding author, E-mail: [kjh6452@kma.ac.kr](mailto:kjh6452@kma.ac.kr)

Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

위치하고 있는 지형적 조건 등이 고려되어 최적의 표적지를 설계할 수 있다. 현재까지 국내 포병사격장 안전지대 기준은 미 육군 기술교범 385-63 「사격장 안전수칙」을 참고하여 설계되고 있다. 하지만 국내 포병사격장은 상대적으로 넓은 국토를 보유한 미국과 많은 차이가 있기 때문에 미 육군의 사격장 안전수칙 기준을 그대로 적용하는 데는 현실적인 제한사항이 있다. 이러한 현실적인 문제가 있지만, 안정이 보장되도록 사격장을 설계하는 것은 반드시 지켜야 할 중요한 요소이다<sup>[1]</sup>.

이러한 측면에서 현재 운용 중인 국내 포병사격장의 안전기준 만족 여부를 정량적으로 평가하는 것이 필요하지만 그 사례는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 또한 포병 표적지의 크기는 충분히 크거나, 안전을 고려해 민간요소가 없는 자연 고립 지역에 충분한 부지를 선정하는 것으로 과학적인 설계가 이루어지지 않았다. 따라서 국내 포병사격장 또는 탄약시험장을 구축하기 위해 안전이 보장된 표적지 크기를 결정하는 방법을 체계적으로 연구할 필요가 있다.

사격장 안전에 대한 사회적 요구와 좁은 국토 면적에 따른 공간확보 문제 등을 가진 우리나라에서는 다양한 훈련으로 전투력 향상을 도모하기보다 안전을 확보한 상태에서 최소한의 훈련이라도 할 수 있어야 한다는 열악한 현실에 직면해 있다. 이 때문에 최소사거리에서 공산오차가 최소인 장약을 결정하여 일관된 절차에 의해 사격을 실시하고 있다. 또한, 우리나라는 탄약개발 기술 수준을 고려할 때 터무니없이 미비한 탄약시험장 여건을 갖추고 있어 개발 탄약 시험평가를 위해 국외 시험장을 이용하는 실정이다. 이는 개발 탄약에 대한 기술유출은 물론 전력화 비용 및 기간을 증가시켜 우리 군의 적기 전투력 증강에 걸림돌이 되기도 한다<sup>[1,2]</sup>.

본 연구의 목적은 포병사격의 사거리별 탄도특성과 지형조건 등을 고려하여 최적화된 표적지 조건을 분석하는 것이다. 곡사포 표적지는 평시 사격훈련뿐만 아니라 저장 탄약에 대한 신뢰성 평가(ASRP : Ammunition Stockpile Reliability Program) 및 신종탄약의 개발·수락시험을 위해 사용된다. 이는 자탄 성능의 개선 및 사거리 연장이라는 포병 탄약의 발전추세를 고려했을 때 신종탄약에 대한 사격 또는 시험에 대한 소요도 고려하여 설계되어야 한다. 이러한 측면에서 본 연구는 포병사격에 필요한 적정 표적지 크기를 탄도오차와 사격진지와 표적지 방향 및 거리, 탄착지의

지형적인 특성 등을 고려하여 최적화된 포병사격장 표적지 크기를 제시하고자 한다.

## 2. 포병사격 탄도특성

### 2.1 탄도오차 및 사탄산포<sup>[2]</sup>

포병사격의 탄도 곡선은 다양한 원인에 의해 오차가 발생하게 된다. 진공 상태 조건에서 발생하는 탄도는 상승부와 하강부가 대칭적이지만, 공기의 저항을 고려한 표준탄도는 하강부가 상승부에 비해 거리가 짧으며 하강의 기울기가 상승의 기울기와 비교하여 현저히 크다. 탄도 오차에 의해 표적지에서는 탄착의 분포 현상이 발생하게 되며 탄착의 분포를 사탄산포라고 부른다. 사탄산포는 사격 방향을 기준으로 종방향과 횡 방향으로 모두 발생하며 사탄산포의 넓이를 기준으로 공산오차를 설정한다.

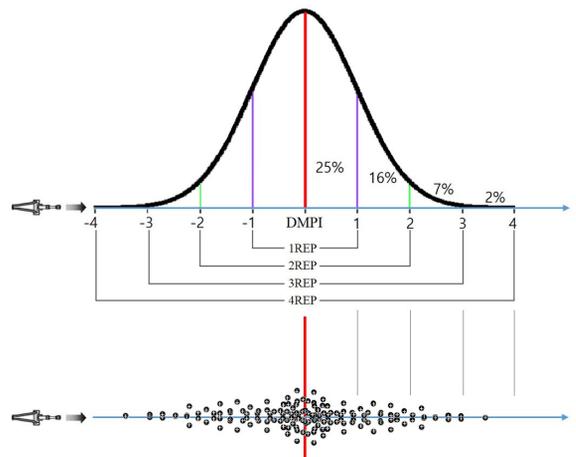


Fig. 1. Range and deviation probable error by range

Fig. 1은 사탄산포와 공산오차를 모형화하여 보여주고 있다. 공산오차는 사격 시 요망 탄착중심(DMPI ; Desired Mean Point of Impact)으로부터 실제 탄이 낙하되는 확률에 대한 거리로 표시된다. 이러한 탄도의 오차로 인해 발생하는 탄의 최종 탄착 오차를 ‘사탄산포’라고 정의한다. 동일한 진지에서 동일한 장약을 활용하여 동일한 사각과 편각으로 사격을 하더라도, 포탄은 탄착중심을 기준으로 횡(편의) 방향(DEP ; Deflection Error Probable과 종(사거리) 방향(REP ; Range Error Probable)으로 분산이 발생한다. 이러한 사탄산포로부

터 낙탄될 확률의 개념을 활용하여 ‘공산오차’를 설정한다<sup>3,6</sup>.

공산오차는 곡사화기의 명중에 대한 확률을 근거로 설정된다. 다시 말해 탄약이 탄착중심을 기준으로 특정 기준을 초과할 경우의 수와 초과하지 않을 경우의 수가 같은 거리를 결정하는 개념이다. ‘1 공산오차’는 탄착 중심을 기준으로 좌/우 또는 원/근으로 50%가 낙탄되는 거리의 범위를 의미한다. 공산오차가 커질 경우(1 공산오차 → 2 공산오차) 해당 범위에서 탄착 현상이 발생할 확률이 높아진다. 따라서 2 공산오차의 범위에서는 82%의 탄이 범위 이내에 탄착이 발생하며, 3 공산오차에서는 96%, 4 공산오차에서는 약 99.3%의 탄착이 발생한다. 따라서 4 공산오차의 범위에서는 거의 모든 탄의 탄착 현상이 발생한다고 할 수 있다. 따라서 탄착지의 안전성을 고려했을 때, 4 공산오차의 개념을 적용할 경우 탄착의 오류로 발생하는 안전사고의 가능성은 매우 낮다고 볼 수 있다<sup>7</sup>.

### 2.2 사거리와 공산오차 관계<sup>[8,9]</sup>

공산오차의 중요한 특성 중 하나는 사거리 증가에 따른 사거리 및 편의 공산오차의 증가 패턴이 현저히 다르다는 것이다. 공산오차의 근본적 발생 원인이 기상조건의 변화 및 제작상의 오차라고 고려했을 때, 사거리의 증가는 자연스럽게 공산오차의 증가를 야기할 수 있다. 이는 대기에 노출되는 시간이 길어질수록 오차를 발생시키는 원인인 강외탄도 결정인자와의 접촉 시간이 길어지기 때문이다. 주로 항력과 양력, 탄미진 공항력, 바람의 영향(측풍, 사풍, 수직풍 등) 등이 해당된다. 따라서 사거리가 증가하면 공산오차가 비례적으로 증가하는 것이 일반적인 현상으로 나타난다. 여기서 주목할 만한 사실 중 하나는 사거리 증가에 따른 공산오차의 증가율이 포목선의 횡방향인 편 의 공산오차에 비해 사거리 공산오차 증가율이 현저히 높다는 사실이다.

Fig. 2는 155 mm 곡사포 사격 간 사거리 및 편 의 공산오차의 크기를 비교한 결과이다. 동일한 사격제원(고폭탄(HE), 착발신관, 단위장약 2호(U2))로 사격했을 때 사거리 증가에 따른 1 공산오차의 변화를 보여 준다. Fig. 2와 같이 사거리 증가에 따른 사거리 공산오차가 편 의 공산오차보다 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 사격장 설계 시 사격진지로부터 표적까지의 사거리가 안전성을 결정하는 중요한 요소임을 고려해야 한다.

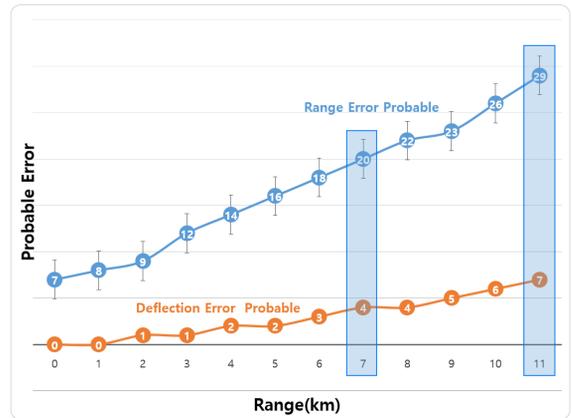


Fig. 2. Probable error due to change in range

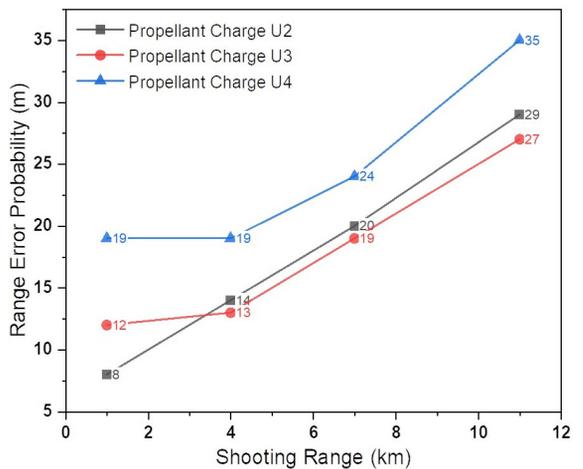


Fig. 3. Probable error according to charge

### 2.3 사거리별 장약과 공산오차 관계

포병사격에 있어 임무와 지형, 기상변화 등을 고려하여 어떤 장약으로 사격을 할 것인가를 결정하는 것은 매우 중요하다. 일반적으로 사거리가 증가할수록 장약량도 증가한다. 포병사격은 작전목적 및 사격장 주변 환경에 따라 고각을 조정하여 사격을 해야 하는 경우가 있다. 하지만 작전목적 달성을 위해 필요한 경우를 제외하고 한국군은 훈련 시 공산오차가 가장 적게 발생하는 장약을 선택하여 사격을 실시하는 경우가 일반적이다. 고각과 사거리를 증가시키면 탄자의 비행시간이 증가하여 대기의 영향을 많이 받기 때문에 공산오차가 증가하게 된다. 반면 장약의 양이 증가하면 탄자의 속도가 증가하여 대기영향을 극복하는

경향이 있어 공산오차가 감소하기도 한다. 이러한 이유로 동일한 사거리의 탄착지에 사격을 하더라도 장약의 결정은 사격 간 발생하는 공산오차에도 영향을 미침을 알아야 한다. Fig. 3은 장약의 변화에 따라 고풍탄의 공산오차를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 사거리 4 km 이상에서는 2호(U2) 장약보다 3호(U3) 장약을 사용하는 것이 공산오차를 줄일 수 있다<sup>[2],6]</sup>.

2.4 탄종별 낙탄 효과

일반적으로 포탄의 사거리가 증가하면 공산오차(EP)라고 불리는 정밀도가 떨어진다. 현대 기술은 이런 장거리 사격에서도 정밀도를 크게 향상시킬 수 있도록 만들고 있다. 그럼에도 불구하고 사격하는 탄종에 따라 살상반경과 공산오차가 다르기 때문에 표적지를 설계함에 있어 이러한 요소들이 고려되어야 한다.

군사과학기술의 발달과 함께 신종탄약 개발로 탄약에 대한 시험평가 및 훈련소요가 달라지고 있다. 특히 탄저 방출원리를 활용한 성능개량탄약 등의 개발로 최종탄도에서 요망되는 탄의 성능수준이 탄종별로 구분된다. 특히, DPICM탄은 모탄이 공중에서 파열하여 자탄이 분산되면서 지상으로 낙탄되어 적 전투차량을 파괴하고 병력을 살상시킨다. 자탄의 분산범위는 다양한 요인에 의해 변화하기 때문에 사격장 표적지의 규모를 설정하기 위해서는 자탄이 살포되는 최대 면적의 크기를 고려해야 한다. Fig. 4는 포병 화포와 탄약의 종류에 따른 공산오차 크기를 보여준다. 재래식 화포와 탄약(M549A1)은 사거리 증가에 따라 공산오차

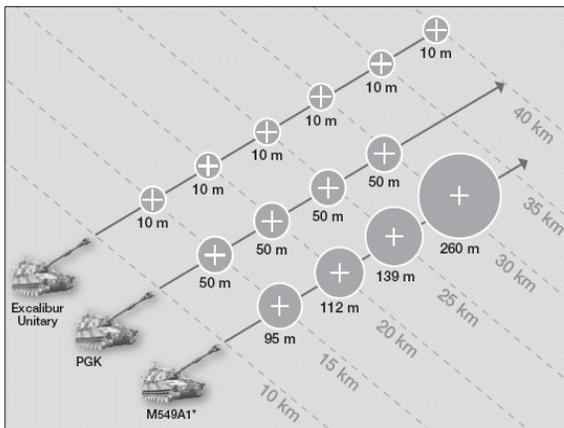


Fig. 4. Changes in probable error according to the development of artillery

가 증가하는 반면 최신 화포 및 탄약(PGK, Excalibur Unitary)은 기술의 발전으로 인해 사 거리에 상관없이 공산오차가 동일함을 알 수 있다.

최신탄약은 가장 대표적인 스마트탄으로 불리는 ‘유도포탄’을 들 수 있다. 유도포탄은 말 그대로 레이저의 반사광을 찾아가거나, 위성항법시스템(GPS) 및 관성항법시스템(INS)을 이용하여 입력된 좌표로 포탄이 날아가도록 방향을 조종할 수 있는 탄을 말한다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 화포 및 탄약의 종류에 따라 공산오차와 살상반경이 다르기 때문에 이를 고려한 표적지 설계가 반영되어야 한다<sup>[2,7,11]</sup>.

3. 포병 표적지 크기 결정 방법

3.1 안전지역 설정 기준에 따른 표적크기 결정

포병사격장 안전지대 기준은 기존연구<sup>[2]</sup>에 제시되어 있다. 미국과 한국의 기준을 바탕으로 제시된 안전지대 기준은 Fig. 5, 6과 같다. 두 기준의 큰 차이점은 사격진지의 방향을 고려하여 표적지의 안전지역을 제시하고 있는가이다. 한국의 경우 주둔지 또는 지정된 사격진지에서 사격을 수행하기 때문에 포목선 방위각과 탄의 사탄산포를 고려하여 전·후, 좌·우 안전지역

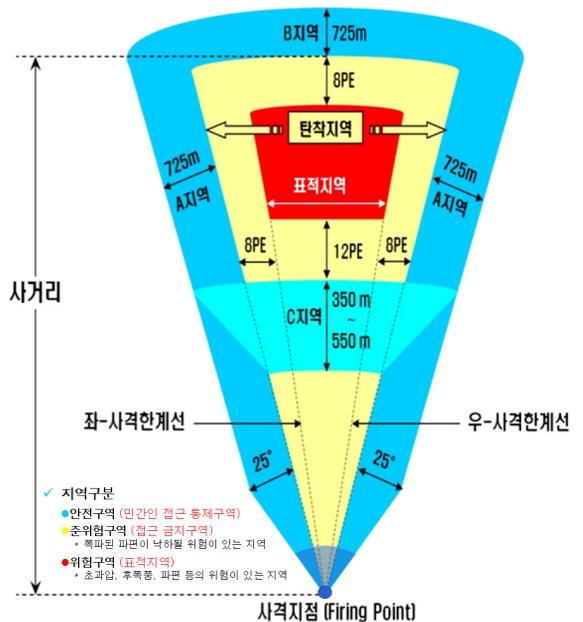


Fig. 5. Safety standard of an artillery range(USA)

을 선정하여 이를 제시하고 있다. 물론 미국의 기준에서도 사격진지의 변화로 인해 포목선 방위각 변화가 있을 경우 동일한 방법으로 안전지역을 수정해야 한다는 것은 기준에 명기되어 있지 않아도 고려되어야 하기 때문에 두 기준은 크게 차이가 없다고 보면 될 것이다. 따라서 표적지 크기 선정 시 최우선적으로 고려되어야 하는 요소가 안전지역 설정 기준을 준수하는 것이다. 본 연구에서는 기존연구에서 제시된 안전지대 기준을 근거로 표적지 크기를 설정하는 기본적인 방법 이외의 추가적으로 고려되어야 하는 요소를 제시하고자 한다<sup>5)</sup>.

이전 연구 [6]에서 제시한 바와 같이 사격장의 실질적인 통제구역으로 설정되어야 하는 위험지역과 준위험지역 기준은 다음 식 (1), (2)와 같다<sup>6)</sup>.

- 위험지역 기준면적( $A_{S1}$ )  

$$[(R_{ra} \times 4) + (R_{ra} \times 6)] \times \{2 \times (R_{de} \times 4)\} \quad (1)$$

- 준위험지역 기준면적( $A_{S2}$ )  

$$[(R_{ra} \times 8) + (R_{ra} \times 12)] \times \{2 \times (R_{de} \times 8)\} \quad (2)$$

공산오차 PE(Probable Error)는 사거리 공산오차와 편향의 공산오차로 구분된다. 여기서 사거리(Range) 공산오차는  $R_{ra}$ , 편향(Deviation) 공산오차는  $R_{de}$ 이다. 국내 포병사격장은 면적을 고려했을 경우 위 기준을 만족하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이러한 내용은 기존연구 [6]을 통해 확인할 수 있다.

### 3.2 공산오차를 고려한 표적크기 결정

앞서 설명한 바와 같이 탄종별 공산오차는 사거리와 탄종에 따라 변화한다. 개발탄 시험평가를 통해 사표가 완성되면 사거리와 탄종에 따른 공산오차가 결정되고 이를 기준으로 사격을 실시하게 된다. 표적의 크기도 공산오차를 고려하여 안정성이 충분하게 확보될 수 있도록 설계되어야 한다.

사거리 및 편향의 공산오차가 탄약의 사거리와 편향의 방향의 탄착확률에 대한 분산으로 정해지고 이를 기준으로 표적의 크기는 Fig. 7과 같이 사각형 형태로 설정될 것이다. 그림은 155 mm 곡사포의 고퍽탄에 대한 장약 3호를 사용할 경우, 사거리 7 km와 11 km에 대한 공산오차를 기준으로 위험지역과 준위험지역을 설정한 결과이다. 앞에서 제시된 Fig. 2에서 알 수 있듯이 편향의 및 사거리 공산오차의 두 가지 패턴은 현저한 특징을 가진다. 첫째, 편향의 공산오차가 사거리

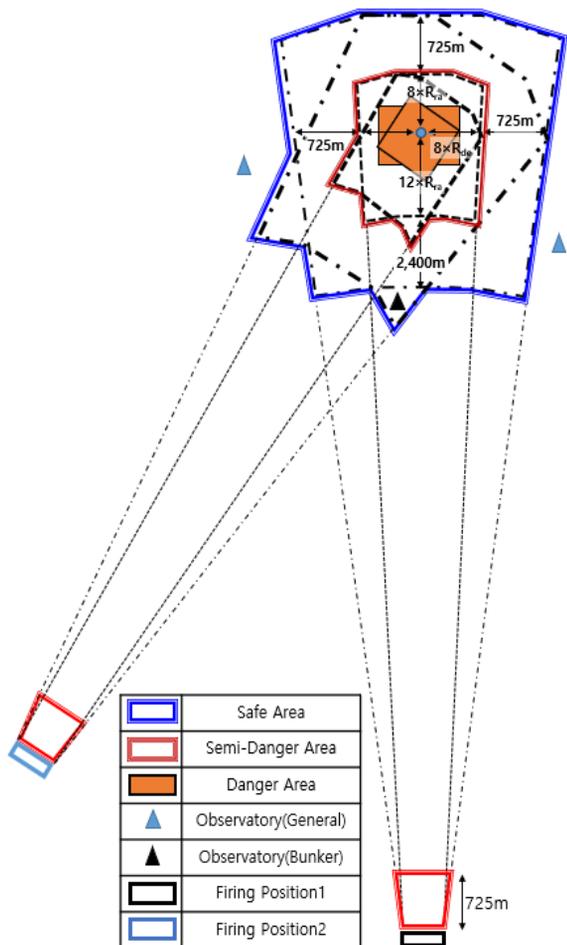


Fig. 6. Safety area for artillery testing range(alternative)

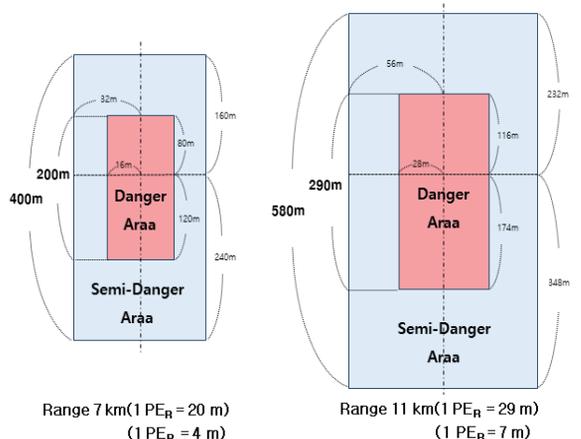


Fig. 7. Target size for shooting ranges of 7 km, 11 km

공산오차에 비해 현저히 작다. 둘째, 사거리 증가에 따른 편위 공산오차의 변화보다 사거리 공산오차의 변화가 현저히 크다는 것이다. 또한, 탄착 정밀도와 관련하여 일반적으로 사용되는 원형공산오차가 적용되기도 하지만 안전에 대한 보수적 설계를 위해 표적지의 형태는 직사각형으로 설계되는 것이 적절하다. 여기서 사거리 공산오차의 안전기준은 탄착중심(DMPI)를 기준으로 사격진지에 가까운 지역과 먼지역의 안전기준이 3:2 비율로 근탄에 대한 위험을 더 고려하고 있음을 확인할 수 있다<sup>2)</sup>.

### 3.2.1 사거리와 표적크기 관계

사거리 증가는 탄자가 대기를 비행하는 시간이 길어지므로 강외탄도에 영향을 미치는 다양한 요인에 영향을 받는 확률이 높아진다. 이로 인해 공산오차는 비행 시간에 비례하여 증가할 수밖에 없다. Fig. 8은 사거리가 증가하는 탄종별 공산오차를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 사거리별 공산오차는 선형적으로 증가하는 경향이 있다. 장사거리 탄약의 경우에도 유도탄약과 같은 특별한 경우를 제외하면 사거리가 증가할수록 공산오차는 증가하며 편위 공산오차의 증가량보다 사거리 공산오차의 증가량이 더욱 커지는 것을 알 수 있다. 다행스러운 점은 탄약과 화포의 기술발전은 사격의 정확도 향상을 견인하므로 사거리 증가에 따른 표적지 크기가 비례적으로 증가하지는 않을 것이다. 이는 우리나라와 같이 좁은 국토의 열악한 자연환경을 가진 국가에게는 절실히 요구되는 부분이다. 탄약기술의 비약적 발전은 사격의 정확도 향상을 가져오고, 탄약의 개발과 평시 사격훈련에 필요한 사격장 소요면적을 감소시켜 안전에 대한 부담을 덜어줄 수 있기 때문이다.

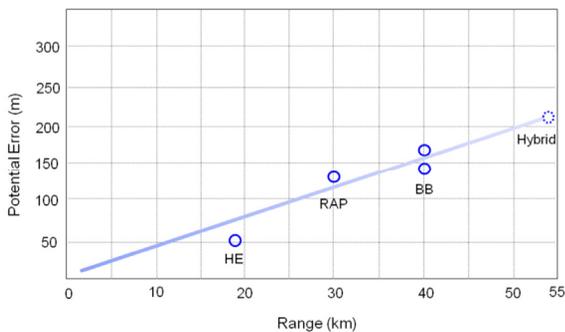


Fig. 8. Changes in probable error depending on ammunition type and range

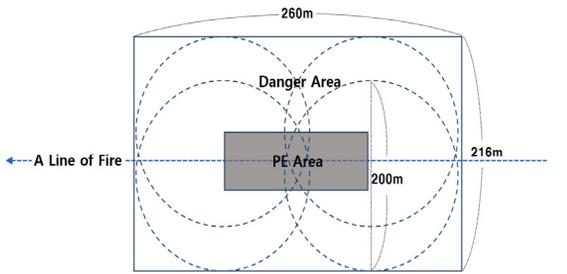
### 3.2.2 장약과 표적크기 관계

동일한 사거리에서도 장약의 선택에 따라 공산오차가 다르다는 것을 Fig. 3에서 확인하였다. 우리 군은 평시 훈련 시 공산오차가 가장 작은 장약을 선택하여 사격을 하도록 통제되고 있으며, 이는 사격 안전성 측면에서 뿐만 아니라 사격의 정확도를 높이기 위함이기도 하다. 이러한 사격방법은 안전을 위한 사격장 면적을 최소화할 수 있지만 사격훈련의 목적은 다양한 사표를 능숙하게 적용하여 정확한 사격을 실시하는 것이므로 필요한 경우 다양한 장약에 대한 공산오차도 고려하여 표적지 크기를 결정하는 것이 포병 전투력 향상 측면에서는 더 요구된다. 하지만 탄약시험장의 경우 정해진 사격진지에서 일정한 사거리에 대한 사격이 연중 실시되기 때문에 사격장 안전기준 적용에 특별한 예외기준을 둘 필요는 없을 것이다. 좁은 국토면적을 가진 국내 내륙 탄약시험장의 경우 최소 공산오차를 유발하는 최적 장약을 사용하는 기준으로 표적지 크기를 결정하면 적절할 것으로 판단된다.

### 3.3 탄종과 표적크기 관계

탄종에 따른 탄약의 살상반경이 다르다는 것이 널리 알려져 있다. 이러한 특징은 탄약의 폭발에 따른 파편의 영향 범위가 다르다는 것을 의미한다. 앞서 언급한 바와 같이 표적지의 크기를 결정하는 안전지대 기준은 탄약의 폭발에 의해 발생하는 물리적 현상이 미치는 영향 범위를 기준으로 설정된다고 하였다<sup>10-12)</sup>. 특히 파편의 영향은 가장 중요한 요소로 탄약의 종류에 따라 상이하므로 표적지 설계 시 어떤 탄종을 사격하는 사격장인지 명확하게 구분할 필요가 있다. 특히 DPICM탄을 포함한 탄저방출 자탄의 효과를 가진 탄약은 Fig. 9와 같이 자탄의 효과를 고려하여 보다 넓은 영역의 안전지대가 구축되어야 한다. 하지만 고폭탄을 포함한 일반적인 포병탄약은 살상반경의 큰 차이가 없으므로 표적지 크기 결정에 미치는 영향이 적다고 할 수 있다. 155 mm 곡사포의 분산탄 사격 시 자탄 살포 범위 200 m를 고려하여 적용했을 때 Fig. 9와 같은 표적크기를 결정할 수 있다<sup>2)</sup>.

Fig. 9에서 회색으로 표시된 공산오차 지역은 사거리 7 km에서 고폭탄 사격에서 발생하는 8 편위 공산오차 및 10 사거리 공산오차를 적용했을 때의 표적 규모(16 m × 110 m)이다. 그러나 자탄 살포 범위를 고려하여 공산오차를 적용할 경우 표적의 규모는 216 m × 260 m로 확대되어야 한다.



Range 7km(1RPE = 11m, 1RDE = 2m, Heigh of burst = 380m, Angle of Fall = 21.4°)

Fig. 9. Target size of cluster bomb at range 7 km

### 3.4 사거리와 포목선을 고려한 표적크기 결정

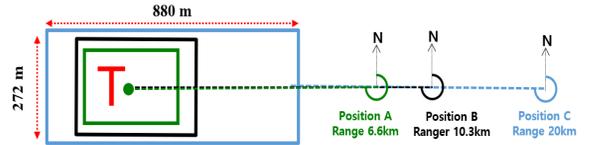
사거리가 다른 사격진지를 보유한 포병부대의 경우 가장 원거리 사격장에서 공산오차를 고려한 표적지가 설계되어야 한다. 동시에 사격진지와 표적지를 연하는 포목선 방향이 상이할 경우에도 표적지 크기를 안전기준에 부합되게 결정해야 한다. 국내 포병사격장의 경우 부대의 주둔지 또는 야외 사격진지에서 사격을 실시하기 때문에 표적크기는 안전을 고려하여 모든 사거리와 포목선을 고려하여 결정되어야 한다.

#### 3.4.1 사격진지-표적 간 사거리에 따른 표적크기

앞에서 살펴본 바와 같이 사거리 증가에 따라 공산오차는 증가하며, 증가율 또한 커진다. 안전지대 기준에 따라 사거리 공산오차는 사격진지에 가까운 쪽의 공산오차가 상대적으로 크게 적용되어야 한다. 이를 기준으로 사격진지와 사거리를 고려하여 표적지 크기를 결정하면 Fig. 10과 같이 결정할 수 있다. 사거리 20 km C진지에서 공산오차를 적용한 표적지 크기는 880 m × 272 m = 239,360 m<sup>2</sup>로 결정해야 한다. 하지만 3개의 사격진지가 아래 그림과 같이 동일 선상에 있으면 문제가 없지만 통상 사격진지는 다양한 지역에 분산되어 있다. 표적중심과 사격진지를 연결한 선을 포목선이라고 하고, 이 포목선 방향을 고려해야 보다 정확하고 안전기준을 충분히 만족하는 표적지를 설계할 수 있다.

#### 3.4.2 사격진지-표적 간 포목선을 고려한 표적크기

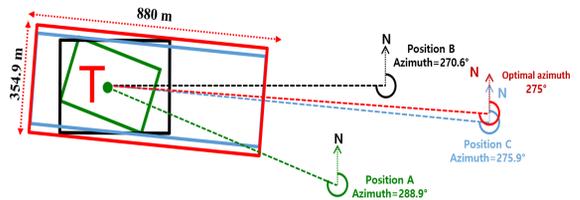
표적과 사격진지가 일직선상에 놓여 있는 Fig. 10의 경우와 달리 많은 사격장은 진지와 표적 간 다양한 방위각을 갖는다. 이러한 포목선의 방향이 사격진지마다 다를 경우 표적의 크기는 Fig. 11과 같이 고려되어야 한다.



Firing position	Danger area	Ranger of target
Position A	216m × 310m	6.6km
Position B	240m × 360m	10.3km
Position C	272m × 880m	20km

<b>표 적</b>	<b>272m × 880m</b>	-
------------	--------------------	---

Fig. 10. Determination of target size by probable errors



Firing position	Danger area	Ranger of target	Azimuth of firing
Position A	216m × 310m	6.6km	288.9°
Position B	240m × 360m	10.3km	270.6°
Position C	272m × 880m	20km	275.9°

<b>표 적</b>	<b>354.9m × 880m</b>	<b>20km</b>	<b>275°</b>
------------	----------------------	-------------	-------------

Fig. 11. Determination of target size by shooting direction

국내 포병사격장의 경우 영내 사격진지가 다양하고 전술 사격진지 또한 부대별로 상이한 경우가 많다. 포목선이 이루는 방위각이 다를 경우 그림에서 보는 바와 같이 모든 사격진지에서 고려된 공산오차가 포함될 수 있도록 표적지 크기가 설정되어야 한다. 동일한 사거리를 고려하더라도 사격진지에서 방위각이 다를 경우 모든 사격진지에서의 안전지역이 고려되어야 한다. 이를 적용할 경우 표적지 크기(면적)는 880 m × 354.9 m = 304,392 m<sup>2</sup>로 최대사거리에서의 안전지역과 비교할 경우 약 27 % 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 Fig. 6에서 제시된 국내 포병사격장 안전기준에서 제시된 것과 같이 사격진지가 상이한 경우 포목선을 고려하여 안전지역이 추가적으로 설정된다는 점을 고려한 것이다.

3.5 표적지 지형 특성에 따른 표적크기 결정

포병사격장의 표적지 설계 시 고려해야 할 또 다른 요소는 지형특성을 반영해야 한다는 것이다. 앞서 살펴본 표적지 크기 결정은 지형의 경사도를 고려하지 않은 수평평면을 가정한 결정방법이다. 우리나라의 지형적 특성을 고려할 때 산악지형이 많고 좁은 국토면적으로 인해 편평한 지형에 표적지역을 구축하는 데는 제한이 있다. 이 때문에 대부분의 포병사격장은 산 전사면에 구축되어 있다. 안전지대를 고려하여 표적지역을 구축할 경우 광범위한 면적과 구축을 위한 경제적 비용이 발생한다. 이러한 측면에서 최소 면적으로 표적지를 구축할 수 있다면 경제성 측면에서 효율적이면서 최적의 표적지를 설계할 수 있을 것이다.

3.5.1 표적지 경사도에 따른 표적크기

한국 지형의 특성상 대부분의 포병 표적지는 산 전사면 경사지에 구축되어 있다. 이러한 지형적 특성은 평탄한 면에서 보다 좁은 면적으로 안전성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 또한 탄착 시 도비탄 등의 2차 피해도 감소시킬 수 있다. 이러한 측면에서 탄착 시 낙각과 지형의 경사도를 고려하여 표적크기를 결정하면 보다 효율적인 사격장 설계가 가능할 것이다.

Fig. 12에서 보는 바와 같이 탄의 낙각  $\gamma$ 와 표적지 경사도  $\theta$ 를 고려할 경우 표적지 크기는 C로 정의된다. 표적 크기 C는 기하학적 관계로부터 식 (3)과 같이 구할 수 있다. 이때 x의 크기는 평탄한 면에서 요구되는 사거리 방향 크기를 의미한다. 본 연구에서는 사거리 방향 600 m를 가정하여 표적크기를 산출한 예를 제시하였다.

$$c = x \times \left[ \cos\theta - \frac{\sin\theta}{\tan(\theta + \gamma)} \right] \quad (3)$$

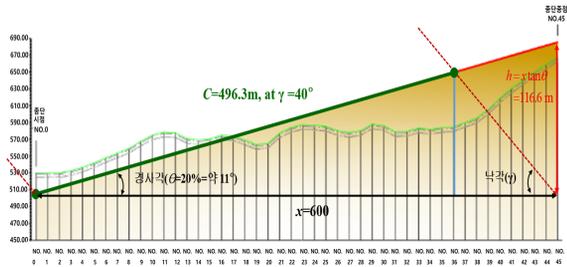


Fig. 12. Determination of target size based on target slope and fall angle

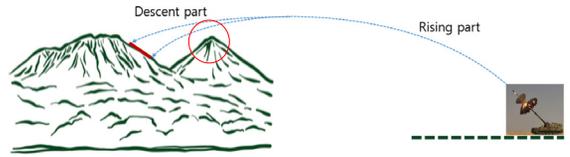


Fig. 13. Determination of target size based on front mountainous area

그림에서 보는 바와 같이 실제 요구되는 표적지 크기가 600 m일 때 경사도 20 % (약 11°), 낙각 20° 고려 시 496.3 m 표적크기가 요구된다. 일반 고폭탄의 사거리 공산오차 600 m를 고려할 경우 편의 공산오차는 약 70 m를 가정하여 표적지 크기(면적)를 비교하면 약 17 % 정도 표적의 크기를 감소시킬 수 있다. 이러한 점을 고려하여 설계할 경우 낙탄현상 관측을 위해 관측소를 탄착지 전방 고지군에 설치할 경우 최종탄도 관측이 용이한 장점도 있다.

3.5.2 탄도 하강부 고지군 형성과 표적위치

국내 포병사격장 표적지는 대부분 산악지역에 분포되어 있다. 내륙지역에 새로운 탄약시험장을 구축하더라도 이러한 지리적 특성을 고려하지 않고서는 안전이 충분히 고려된 사격장 구축은 어려운 것이 현실이다. 표적크기 결정을 위해 포병사격의 일반적인 특성을 반영한 탄도오차를 고려함과 동시에 사격진지와 탄착지의 사거리와 방위각, 그리고 표적지역 경사도를 고려하더라도 탄착지 산악지역에 설치된다면 탄도 하강부에서 낙각에 의해 사격에 방해를 받지 않아야 한다는 점이다. Fig. 13에서 보는 바와 같이 표적지역 전방 고지군은 탄도 하강부에서 충분한 안전고도의 여유가 있어야 한다. 이는 공중에서 1차 폭발하는 분산탄의 경우 더욱 중요한 표적위치 결정 요인이 될 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 포병사격장 표적지 크기 결정을 위해 고려되어야 할 다양한 요소를 확인하고 이를 적용하여 안전성이 확보된 최적 표적크기를 결정하는 방법을 제시하였다.

표적과 사격진지간 사거리와 탄약종류별 결정되는 공산오차는 안전지역을 결정하는 가장 기본적인 요소

이다. 또한, 탄중에 따른 최종탄도 효과, 사거리별 최적 장약은 안전과 훈련효과를 고려하여 적절하게 결정되어야 한다. 사격진지로부터 사거리와 방위각은 공간오차를 고려한 점에서는 동일하지만 최대사거리 및 전체 방위각을 포함한 충분하고 안전한 표적크기를 결정하는 요소로 고려해야 한다. 특히 포병사격장의 표적지 크기는 사거리 증가에 따라 탄도오차에 비례하여 증가하고, 편의 방향보다 사거리 방향 탄도오차의 증가량이 크기 때문에 종방향(사거리 방향) 크기가 큰 직사각형 형태가 적절하다. 또한, 국내 지형적 여건을 고려할 경우 경사면과 전방 고지군을 고려하여 사격에 적합한 크기와 위치를 결정해야 한다.

이와 같이 표적지 크기를 결정하는 다양한 요소를 복합적으로 고려할 경우 상대적으로 좁은 국토면적을 보유한 우리나라에서 효율적인 표적지를 설계하는데 참고가 될 것으로 기대한다. 첨단과학기술의 고도화는 탄약기술의 정밀도를 향상시키고 있지만 확장되고 있는 전장환경은 장사거리 사격지원을 요구하고 있어 사격 시 발생하는 안전문제는 지속적으로 제기될 것이다. 이러한 측면에서 향후 본 연구결과를 바탕으로 국내 주요 포병 표적지에 대한 안전성을 재검토함으로써 연구결과에 대한 신뢰성은 물론 사격장의 안전에 대한 대국민 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이다.

## 후 기

본 논문은 육군사관학교 화랑대연구소의 2024년도 논문게재지원비 지원을 받아 연구되었음.

이 논문은 2024년도 정부의 채원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(UI247006ID).

## References

- [1] U.S. Army “Regulation 385-63-Policy and Procedures for Firing Ammunition for Training, Target, Practice and Combat,” Department of the Army and Navy, Washington, DC., 1983.
- [2] Defense Agency for Technology and Quality, “Feasibility Study of 000 Ammunition Test Site Construction Project,” 2022.
- [3] Korea Army Headquarters, “Standard training ground Installation Criteria,” Korea army headquarters, p. 105, 2019.
- [4] Korea army headquarters, “Research on establishment of criteria for standard training grounds in 2022,” Korea Institute for Crisis management Analysis, pp. 6-17, 2022.
- [5] Defense T&E Research Institute in Agency for Defense Development, “Detailed standards for test safety control,” 1994.
- [6] J. H. Kim et al., “A Study on Safety Standards for the Interior of an Artillery Firing Range Considering Probable Error,” Journal of the KIMST, Vol. 26, No. 2, pp. 139-148, 2023.
- [7] J. W. Lee, “Know and understand right away of Ammunition Stockpile Reliability Program(ASRP),” Defense & Technology, 2010 No. 6, pp. 102-107, 2010.
- [8] J. S. Lee et al., “A study on the effective method to producing data for the ROKA live fire training range safety,” Journal of Korea society of industrial and systems engineering, Vol. 38, No. 3, pp. 64-77, September, 2015.
- [9] J. G. Kang et al., “Development significance and achievements of 155 mm drag-reducing dual-purpose high explosive bomb,” Journal of Environmental Impact Assessment, Vol. 16, No. 6, pp. 495-502, 2007.
- [10] Korea army headquarters, “155 mm Howitzer Basic Resignation 32-0,” Korea army headquarters, 2013.
- [11] D. S. Jo, “Know and understand right away of Ammunition Stockpile Reliability Program(ASRP),” Defense & Technology, 2001 No. 6, pp. 60-65, 2001.
- [12] S. Y. Yoon, “Distribution Simulation Method Using Flight Test Data of Scattered Submunitions,” Chung Nam University, 2016.