

韓國 軍事運營分析 學會誌
第12卷 第1號, 1986. 6.

改良高爆彈의 標的制壓에 관한 研究 (A Study on the Target Coverage of the ICM)

崔 光 默*

閔 啓 了*

Abstract

When the ICM is fired in the artillery weapon, it is necessary to determine rounds of munitions for sufficient damage to targets of different sizes and shapes.

This paper analyzes all kinds of delivery errors involved in ICM firing, and then develops the target coverage model appropriate for ICM salvos. This model is evaluated through computer simulation.

The expected target coverage is measured according to number of salvos, range and probable error, velocity error, battery arrangement, target size, and shell reliability respectively.

1. 序 論

本 研究는 砲兵射擊에서 改良高爆彈 (ICM: Improved Conventional Munitions) 射擊時에 效果的으로 利用할 수 있는 標的制壓模型을 開發하고, 射擊指揮將校에게 一定한 크기의 標的에 대하여 要望效果를 達成하기 위한 改良高爆彈의 量을 결정하는데 도움을 주고자 한다.

野戰砲兵은 敵의 觀則 및 直射火器 射擊으로 부터 隱蔽 및 防護를 제공받을 수 있는 位置하여 遠距離 標的을 間接射擊으로 攻擊하는데 通常 運用되며 射擊指揮將校는 射擊指揮所에서 標的分析을 실시하여 要望效果를 달성

할 수 있는 可用한 彈種 및 量을 결정하여야 한다. 이를 위하여 射擊指揮將校는 標的에 대한 要望被害와 彈藥效果를 알고 있어야 한다. 野戰에서 訓練 또는 戰鬪時에 많은 射擊을 실시하고 있으나 砲彈의 彈着地點이 效果的으로 집중되고, 얼마나 被害를 주는가를 정확히 알아 내기는 쉬운 일이 아니다. 本 研究에서는 野戰砲兵 砲隊가 改良高爆彈으로 効力射를 실시할 時的 標的制壓模型을 개발하고 이를 模擬實驗(simulation)으로 계산 및 評價하여 要望效果를 달성할 수 있는 改良高爆彈의 量을 결정하고자 한다.

* 國防大學院

研究的範圍는 105 M 曲射砲의 1개 砲隊가 高爆彈으로 수정후 効力射에서 改良高爆彈으로 射擊하는 것을 다루며, 이때 改良高爆彈은 對人彈단을 취급하며 射擊은 平行射向東으로 실시한다.

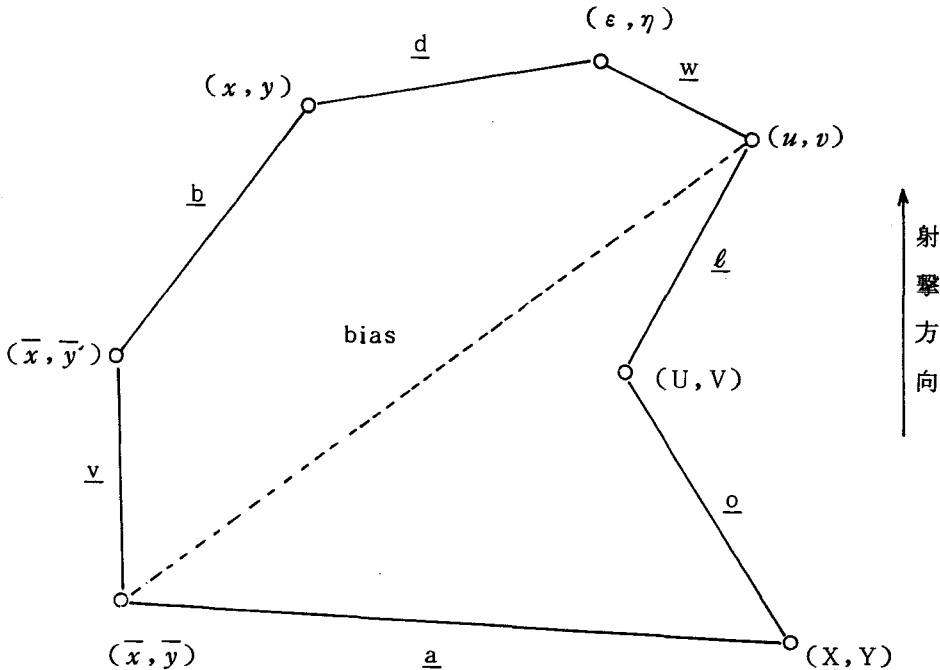
2. 標的制壓模型

가. 一般的인 標的制壓模型

標的確認에서 射擊完了 段階 사이에 일어나는 모든 誤差(delivery errors)는 標的制

壓에 많은 영향을 미친다. 우선 誤差要素들 간의 관계는 <그림 2-1>과 같다.

<그림 2-1>에서 점(U, V)는 標的地域內에서 參照點(reference point)을 包含한 실제의 標的位置로서 標的地域의 中心點을 表示한다. 그러나 標的位置誤差(target location error)로 인하여 실제 標的地域의 坐標는 參照點인 (U, V)로 생각할 수 있으며 경우에 따라서 敵과 我軍이 近접하여 있을 때는 我軍의 안전을 고려하여 요구되는 彈着點의 中心으로 새로운 지점인 (X, Y)가 선정될 수



- L = 標的位置誤差; 確率變數
- O = 照準點支距; 決定變數
- V = VE 射距離誤差; 決定變數
- B = 彈導誤差; 確率變數
- A = 照準誤差; 確率變數
- D = 損傷函數; 期待值
- W = 標的構成要素位置; 確率變數

<그림 2-1> 體系誤差 간의 關係

있다. 다음에 照準誤差(aiming error)로 인하여 요구되는 彈差點의 中心에서 오차가 발생하여 실제 彈差點의 平均中心은 (\bar{x}, \bar{y}) 가 선정되고, 砲의 速度誤差(VE : Velocity Error) 때문에 새로운 彈差點의 平均中心은 (\bar{x}, \bar{y}) 가 된다. 그리고 彈導誤差(ballistic error) 때문에 彈差點의 平均中心은 다시 (x, y) 로 된다.

또한 砲兵射擊의 標的은 대부분 地域標的이므로 標的의 構成要素는 標的의 中心點을 중심으로 分布되어 있다. 임의의 標的構成要素位置(target element location)인 (ϵ, η) 는 彈着點의 平均中心 (x, y) 에 의하여 손상을 입으며, 이때 損傷은 砲彈彈着地點 중심 (x, y) 과 標的構成要素點 (ϵ, η) 사이의 거리와 方向의 函數이며 期待置로 把握된다.

따라서 標的을 確認하고 射擊을 해서 標的構成要素에 期待損傷을 주는 一般的인 標的制壓模型을 構成하면, 위에서 설명한 標的位置誤差 L, 照準點支距 O, 照準誤差 A, VE射距離誤差 V, 彈導誤差 B, 標的構成要素位置 W 그리고 標的構成要素에 대한 損傷函數 D에 의하여 一般標的制壓式(general target coverage equation)은,

$$f = \iiint \iiint \iiint d(\epsilon, \eta; x, y) \underline{b}(x, y; \bar{x}, \bar{y}') \underline{a}(\bar{x}, \bar{y}; X, Y) \underline{l}(U, V; u, v) \underline{W}(\epsilon, \eta; u, v) d\epsilon d\eta dudv d\bar{x}d\bar{y}dx dy \dots\dots (1)$$

이다.

나. 砲隊 効力射時 標的制壓模型

本研究는 高爆彈으로 수정 射擊後에 砲隊効力射에서 改良高爆彈으로 射擊하는 標的制壓을 研究하고자 한다. 砲隊의 中央砲 또는 3번砲로 최초 彈着點에서 標的地域 中心까지 유도한 후에 砲隊 効力射가 실시되므로 標的位置誤

差 L, 照準點支距 O, 照準誤差 A는 수정 射擊 中에 수정 보완되어 무시될 수 있다.

그리고 砲隊 効力射時에 砲隊 中央이 標的 中心에 照準되어 있고, 平行射向東으로 射擊한다고 하면 砲가 砲隊 中央으로 부터 떨어진 거리만큼 그 砲의 照準點에 작용하여 標的地域의 平均彈着中心에 영향을 미친다. 또한 VE射距離誤差 V, 즉 砲의 速度誤差도 그에 해당하는 射距離誤差 만큼 射距離上으로 標的地域의 平均彈着中心에 영향을 미친다. 標的地域의 平均彈着中心에 영향을 미치는 誤差要素를 平均彈着中心誤差 M이라 하면 이 값은 決定變數라 볼 수 있다. 따라서 砲隊 効力射時 일어날 수 있는 誤差要素는 각 砲의 平均彈着中心誤差 M 彈導誤差 B, 標的構成要素位置 W, 그리고 標的構成要素에 대한 損傷函數 D만이 고려된다. 이들 誤差要素들 간의 관계는 <그림 2-2>와 같다.

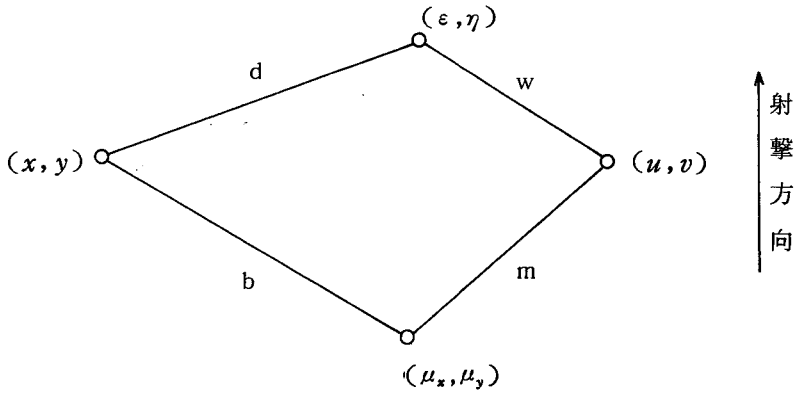
그러므로 砲隊 効力射時의 期待損傷을 얻는 標的制壓模型은,

$$f = \iiint \iiint \underline{b}(x, y; u_x, u_y) \underline{d}(\epsilon, \eta; x, y) \underline{w}(\epsilon, \eta; u, v) dx dy d\epsilon d\eta \dots\dots (2)$$

이 된다.

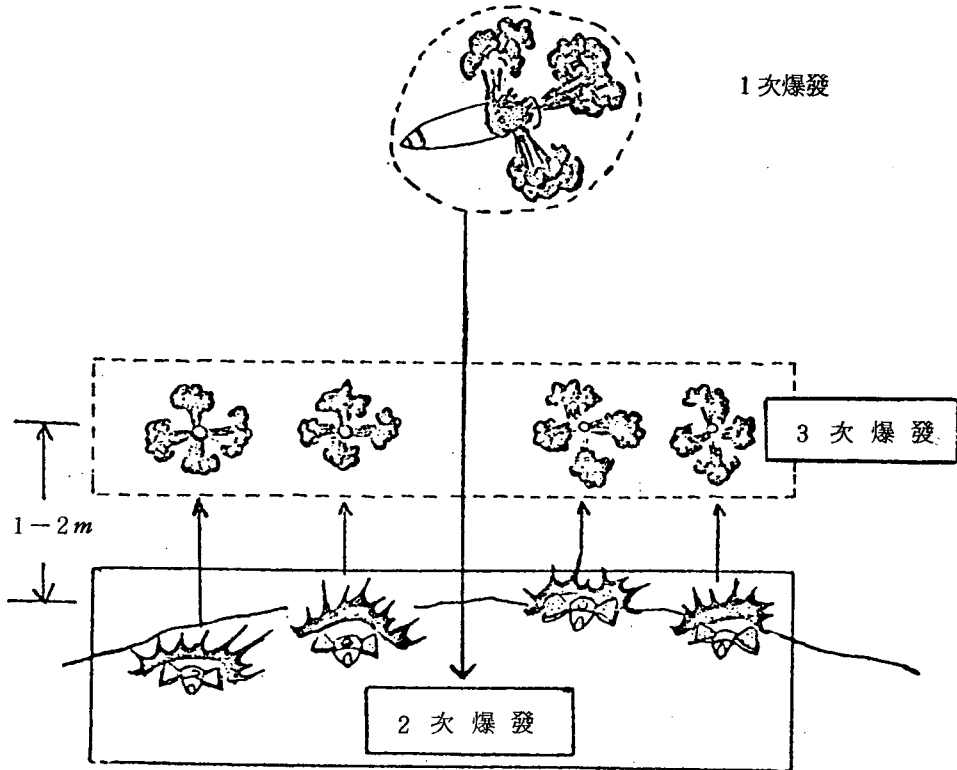
다. 改良高爆彈 効力射時 標的制壓模型

改良高爆彈에는 砲彈이 飛過中 미리 정해진 시간에 작용하도록 시간이 장입된 信管이 있다. 이 信管은 逐出炸藥을 點火시키며, 炸藥의 힘은 逐出板과 榴彈에 作用하여 前端핀을 끊어서 榴彈이 彈體의 밖으로 放出되게 한다. 이때 彈體의 遠心力에 의해서 榴彈이 射擊方向의 半徑方向으로 分散된다. 다음 榴彈의 작은 날개가 위로 퍼지면서 榴彈이 武裝되고 均衡을 維持하며 地上으로 落下한다. 榴彈의 衝擊板이 地面에 衝突하는 瞬間 球形의 榴彈이 地上으로 부터 1~2 m 튀어 올라 破裂한다. 이를



- M = 平均彈着中心誤差；決定變數
- B = 彈導誤差；確率變數
- D = 損傷函數；期待值
- W = 標的構成要素位置；確率變數

〈 그림 2 - 2 〉 砲隊 効力射時 體系誤差 關係



〈 그림 2 - 3 〉 改良高爆彈 爆發過程

보면 <그림 2-3>과 같다.

각 標의 構成要素는 <그림 2-3>의 3차 爆發時 榴彈의 破片에 의하여 損傷이 일어나며 이것은 彈體의 遠心力에 의한 榴彈의 分散된 정도, 즉 榴彈의 分布에 따라 각각 損傷이 달라질 것이다. 그러므로 榴彈이 地上에 落下하여 散布(dispersion)될 때 각 榴彈位置의 平均 中心을 彈着點 (x, y) 이라 하면 榴彈은 彈着點을 中心으로 分布하며, 이 彈着點은 平均 彈着中心誤差 M 과 彈導誤差 B 에 의하여 影響을 받는다고 볼 수 있다. 그리고 榴彈이 散布될 때 발생하는 誤差要素를 榴彈分布誤差 S 라 하고 임의의 榴彈의 位置를 (α, β) 라 하면 榴彈分布誤差 S 는 彈着點 (x, y) 와 榴彈의 位置 (α, β) 사이의 距離를 말하며 이는 \underline{S}

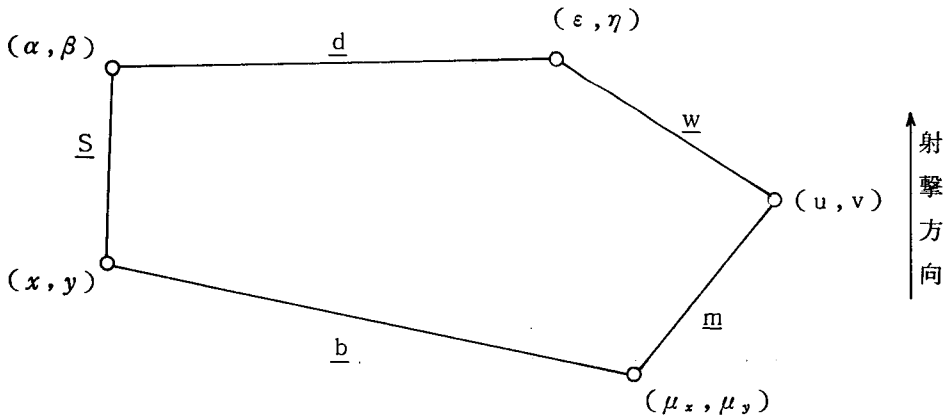
$(\alpha, \beta ; x, y) d_{\alpha} d_{\beta}$ 인 確率密度函數를 갖는다.

따라서 改良高爆彈 効力射時 일어날 수 있는 誤差要素는 각 砲의 平均 彈着 中心誤差 M , 彈導誤差 B , 榴彈分布誤差 S , 標의 構成要素 位置 W , 그리고 標의 構成要素에 대한 損傷含數 D 만이 考慮된다. 이들 誤差要素들 간의 關係는 <그림 2-4>와 같다.

그러므로 改良高爆彈으로 砲隊 効力射時 豫想 損傷을 얻는 標의 制壓模型은,

$$f = \iiint \iiint \iiint \underline{b}(x, y ; u_x, u_y) \underline{S}(\alpha, \beta ; x, y) \underline{d}(\epsilon, \eta ; \alpha, \beta) \underline{w}(\epsilon, \eta ; u, v) dx dy d\alpha d\beta d\epsilon d\eta \dots \dots \dots (3)$$

이 된다.



- M = 平均 彈着 中心誤差 ; 決定變數
- B = 彈導誤差 ; 確率變數
- S = 榴彈 分布誤差 ; 確率變數
- D = 損傷函數 ; 期待值
- W = 標의 構成要素 位置 ; 確率變數

<그림 2-4> 改良爆彈 効力射時 體係誤差 關係

라. 各 誤差要素에 대한 分析 및 假定

(1) 平均彈着中心誤差

砲隊 効力射時 平均彈着中心은 각 砲의 速度 誤差와 砲隊 中央으로 부터 각 砲가 위치하고 있는 砲位置에 따라서 영향을 받는다.

速度誤差는 실제의 砲口秒速과 이상적인 標準速度와 比較하여 그 差異를 말하며 m/sec 로 표시된다. 이 速度誤差는 平均彈着中心에 射距離上으로 영향을 미치며 그것을 결정한 砲 및 裝藥에 대해서만 有効하다. 射表에는 裝藥 및 射距離別로 速度誤差 당 射距離 變化量(誤差)이 明示되어 있다.

砲隊內 各 砲의 照準點은 平均彈着中心에 영향을 준다. 砲隊 中央이 標的 中心을 照準하고 있다고 할 때 砲隊 內에서 各 砲의 位置는 砲가 砲隊 中央으로 부터 떨어진 거리만큼 그 砲의 照準點에 영향을 미친다. 또한 砲의 位置는 砲隊의 砲隊形에 따라 달라진다. 砲隊의 砲隊形은 一線配置, 屈曲配置, 그리고 變型이 있다. 本 研究는 陣地를 隱蔽시키고 側防과 後防 射擊이 容易하여 野戰에서 가장 많이 使用하고 있는 屈曲配置만을 다루기로 한다.

(2) 彈導誤差

彈導誤差는 彈着點의 平均 中心에 대한 砲彈의 彈着中心散布距離를 말한다. 彈導誤差는 武器 體系의 精確성을 決定하는 것이며 彈導誤差의 크기는 射表에 記述되어 있다. 일반적으로 彈導誤差는 2變數 正規分布(bivariate normal distribution)을 갖는다고 본다. 2變數 正規分布의 一般式은

$$\underline{b}(x, y; u_x, u_y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left\{\left(\frac{x-u_x}{\sigma_x}\right)^2 - 2\rho\frac{(x-u_x)(y-u_y)}{\sigma_x\sigma_y} + \left(\frac{y-u_y}{\sigma_y}\right)^2\right\}\right] \dots\dots\dots (4)$$

이다. 여기에서,

- u_x : x 方向의 平均彈着中心
- u_y : y 方向의 平均彈着中心
- σ_x : x 方向 誤差의 標準偏差
- σ_y : y 方向 誤差의 標準偏差
- ρ : 相關係數

이다. 위 式에서 彈導誤差의 性格때문에 相關係數는 보통 零이 아니다. 그러나 相關係數는 극히 적어서 무시될 수 있다. 따라서 相關係數가 없는 2變數 正規分布는,

$$\underline{b}(x, y; u_x, u_y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{x-u_x}{\sigma_x}\right)^2 + \left(\frac{y-u_y}{\sigma_y}\right)^2\right\}\right] \dots\dots\dots (5)$$

이다.

위 式의 標準偏差 σ_x, σ_y 대신에 砲術에서 자주 사용되는 公算誤差(probable error)가 있다. 公算誤差란 彈着點이 平均彈着 中心을 基準해서 어느 限界를 超過할 빈도와 超過하지 않을 빈도가 같은 確率를 말한다. 砲兵 射擊에서 公算誤差는 射距離 公算誤差(range probable error)와 偏角 公算誤差(deflection probable error)로 나눈다. 射距離 및 偏角上의 公算誤差는 射表에 明示되어 있으며 一般的으로 偏角 公算誤差는 射距離 公算誤差보다 매우 적다. 다음 2變數 正規分布에 있어서 標準偏差와 公算誤差의 關係는

$$\begin{aligned} \text{PER} &= 0.6745 \sigma_R \\ \text{PED} &= 0.6745 \sigma_D \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

이다.

(3) 榴彈의 分布

榴彈의 分布는 彈體의 遠心力 때문에 改良 高爆彈의 最適破裂高에서는 대체로 일정하고 圓形이 된다. 最適破裂高를 얻기 위한 射擊諸

元은 射表에 명시되어 있다. 또한 榴彈數는 砲口徑 및 改良高爆彈 형태에 따라 다르며 이는 <表 2-1>과 같다.

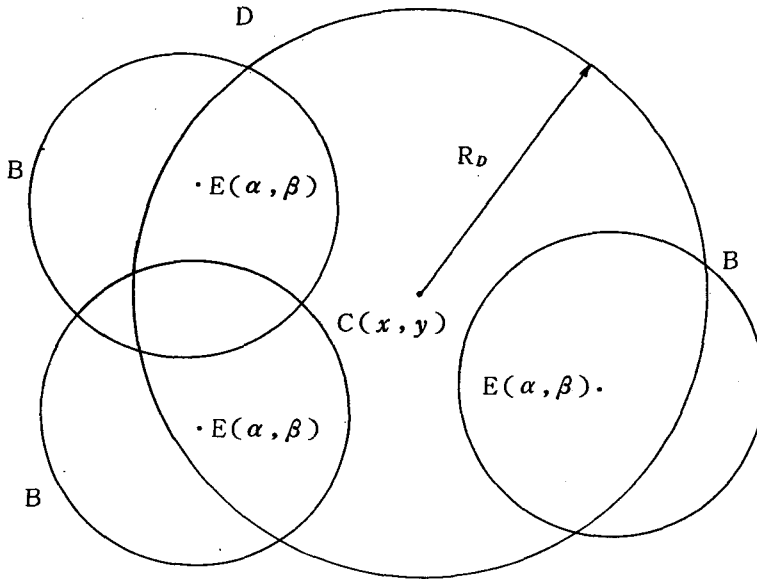
<表 2-1> 對人彈 形態에 따른 榴彈數

구 분	포 탄 형	유 탄 수
105 M 曲射砲	M 444	18
	M 444E1	24
155 M 曲射砲	M 449	60
8 M 曲射砲	M 409계열	104
H. J.	M 144	4,800
	M 6A1	

으로 N개의 榴彈이 들어 있으며, 榴彈은 標的地域에 均等히 分散된다고 假定한다. 또 改良高爆彈은 最適破裂高에서 破裂하며 榴彈은 <그림 2-5>에서 보는 바와 같이 半徑이 R_D 인 圓 b 내에 分布하고 榴彈 分布의 중심을 彈着點 c라 한다. 따라서 彈着點 c는 彈着中心誤差 및 彈導誤差에 의하여 영향을 받는 確率變數이다. 위 假定下에서 榴彈分布誤差에 대한 確率密度函數 $\underline{S}(\alpha, \beta; x, y) d_\alpha d_\beta$ 을 구해보면 아래와 같다.

$$\underline{S}(\alpha, \beta; x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi R_D^2} : (\alpha - x)^2 + (\beta - y)^2 \leq R_D^2 \\ 0 : \text{otherwise} \dots\dots (7) \end{cases}$$

本 研究에서 1발의 改良高爆彈에서 일반적



<그림 2-5> 榴彈의 分布

(4) 榴彈의 損傷函數

改良高爆彈 射擊時 標의 構成要素는 榴彈의 破片에 의하여 損傷을 입는다. 또한 榴彈은 地

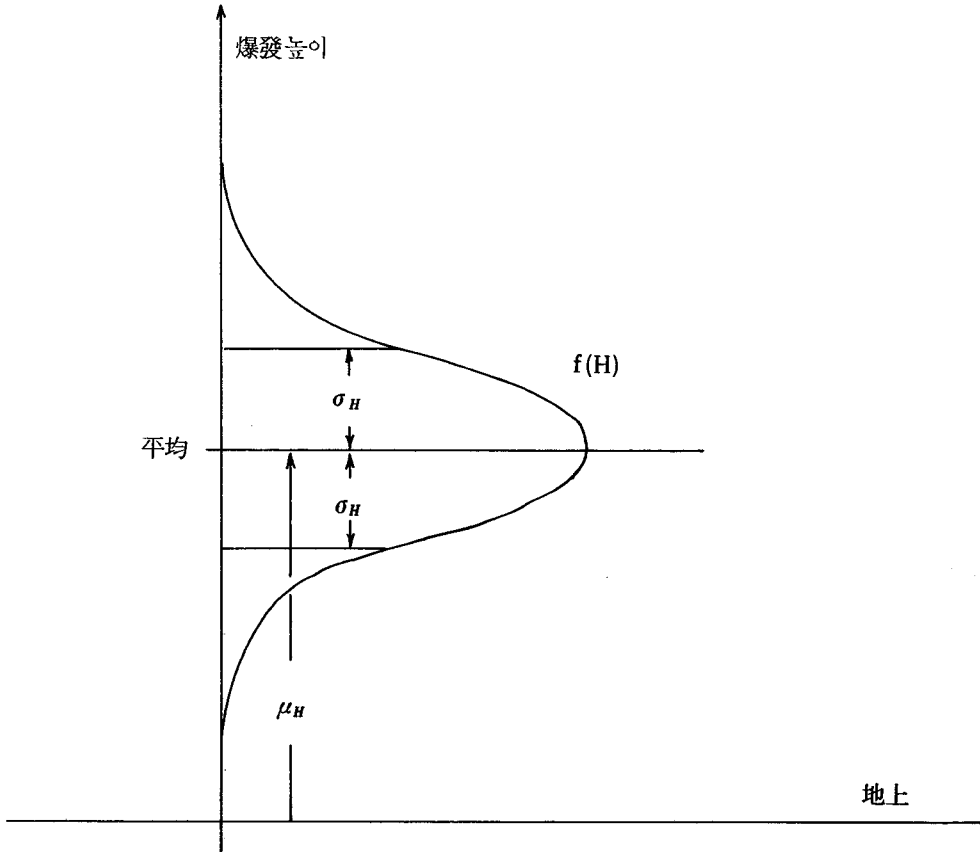
上으로부터 1~2 m 높이에서 爆發하므로 榴彈의 爆發 形態는 球形으로 假定할 수 있다.

本 研究에서는 榴彈의 地上으로부터 爆發높

이를 H라 하고, 이 爆發높이 H를 平均이 μ_H 이고 分散이 σ_H^2 인 正規分布를 하는 確率變數로 假定하면 <그림 2-6> 과 같다. 이를 確率密度函數로 나타내면,

$$f(H) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_H} \exp\left(-\frac{(H-\mu_H)^2}{2\sigma_H^2}\right) \dots (8)$$

이 된다.

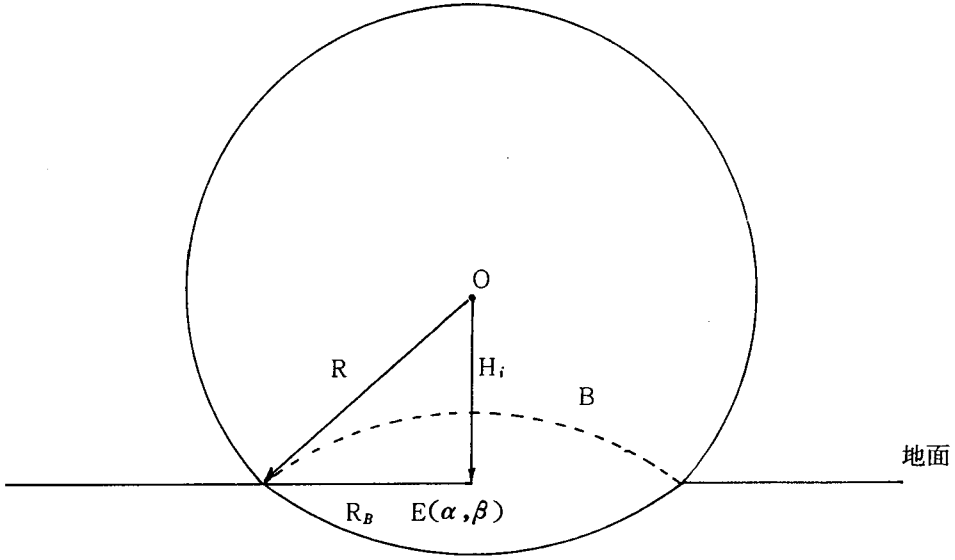


<그림 2-6> 爆發높이의 確率密度函數

다음 榴彈의 爆發形態인 球形의 半徑을 R이라 하고, 이 半徑 R을 榴彈의 殺傷半徑이라 하자. 또 殺傷半徑 R이내에 있는 標의 構成要素는 완전히 損傷되고 殺傷半徑 R밖에 있는 標의 構成要素는 어떠한 損傷도 일어나지 않는다고 假定한다. 따라서 地面에 대한 殺傷面積은 <그림 2-7>와 같이 圓形이 되며, 地面에 대한 殺傷面積의 殺傷半徑 R_B 는 다음과 같이 구해진다.

$$R_B = \begin{cases} \sqrt{R^2 - H_i^2} & : R \geq H_i \\ 0 & : R < H_i \dots \dots \dots (9) \end{cases}$$

또한 殺傷面積 $A_B = \pi R_B^2$ 이 되며 殺傷面積 안에 있는 標의 構成要素는 완전히 損傷되고 殺傷面積 밖에 있는 標의 構成要素는 어떠한 損傷도 일어나지 않으므로, 榴彈의 損傷函



〈그림 2-7〉 地面에 대한 殺傷面積 (leathal area)

數는 圓形 쿠키컷타 損傷函數 (circular cookie cutter damage function)이다. 이 函數는 아래와 같이 表示된다.

$$\underline{d}(\varepsilon, \eta; \alpha, \beta) = \begin{cases} 1 : (\alpha - \varepsilon)^2 + (\beta - \eta)^2 \leq R_B^2 \\ 0 : \text{otherwise} \dots\dots (10) \end{cases}$$

(5) 標的密度函數

標的의 크기 및 형태는 標的獲得出處로부터 보고된 標的의 넓이 또는 標的의 위치를 알고 있거나, 예상 標的地域의 크기에 의해서 결정되나 本 研究에서 標的의 크기는 標的을 分割하지 않고 1개 砲隊로 射擊 가능한 標的에 한하며, 標的의 형태는 원형으로 假定한다. 즉, 標的은 半徑이 R_T 인 원 T이며 그 中心은 直交座標의 原點이고, 標的構成要素 (ε, η) 는 標的地域 內에 均一하게 分布되어 있는 것으로 假定하면 標的密度函數 $\underline{W}(\varepsilon, \eta)$ 는 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$\underline{W}(\varepsilon, \eta) = \begin{cases} \frac{1}{\pi R_T^2} : \varepsilon^2 + \eta^2 \leq R_T^2 \\ 0 : \text{otherwise} \dots\dots (11) \end{cases}$$

(6) 改良高爆彈 및 榴彈의 信賴度

砲彈 및 榴彈의 信賴度を r 이라 하고, 1發의 砲彈 또는 榴彈이 정상적으로 爆發하면 確率變數가 "1", 不發이면 確率變數가 "0"이 되는 것으로 가정하면 信賴度에 대한 確率密度函數는 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$P(x) = \begin{cases} r : x = 1 \\ 1 - r : x = 0 \\ 0 : \text{otherwise} \dots\dots (12) \end{cases}$$

3. 改良高爆彈의 標的制壓模型 設定

가. 概 要

標的構成要素가 均일한 標的의 面積을 A_T

라 하고 i 번째 砲彈에 의해서 標的制壓이 일어날 사건을 E_i 라 하며, $A(E_i)$ 을 i 번째 砲彈 1發에 의해서 損傷되는 被害面積이라 하면 標的制壓率은 $A(E_i)/A_T$ 이다.

다음 砲隊 効力射의 경우를 생각해 보자. 砲隊 効力射의 砲彈 發數가 n 이고 砲彈 n 發에 의한 被害面積을 A_L 이라 하면 A_L 은 <그림 3-1>의 빗금친 부분이 된다. 여기에서 각 砲彈에 의해서 標的制壓이 일어날 被害面積을 $A(E_1), A(E_2), \dots, A(E_n)$ 이라 하면

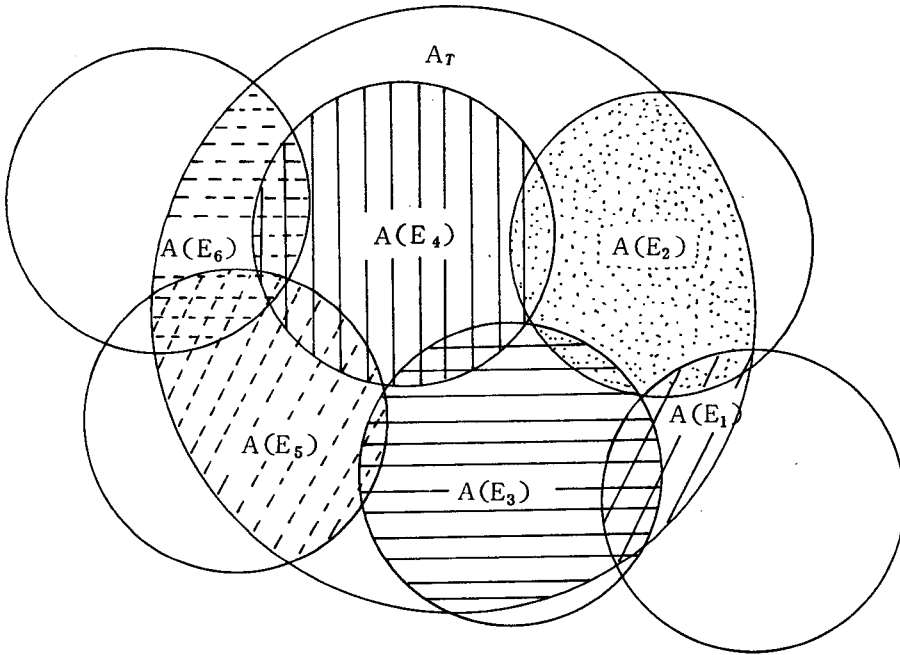
砲彈 n 발에 의한 被害面積 A_L 은,

$$A_L = A(E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n) \dots\dots (13)$$

이 된다. 이 때 被害面積 A_L 은 模擬實驗을 통하여 구할 수 있다. 따라서 1회의 効力射에 의한 標的制壓率은,

$$f = \frac{A_L}{A_T} \dots\dots\dots (14)$$

으로 주어진다.



<그림 3-1> 砲隊 効力射의 標的制壓形態

그리고 i 번째 砲彈에 의한 被害面積 $A(E_i)$ 란 砲彈의 爆發로 損傷되리라고 豫想되는 목표물의 數를 목표물의 密度로 나눈 量, 즉 목표물 한개가 차지하고 있는 平均面積을 곱한 量으로 정의되며 목표물의 密度가 均일하다면 다음과 같이 表示된다.

$$A(E_i) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P_k(x, y) dx dy \dots\dots\dots (15)$$

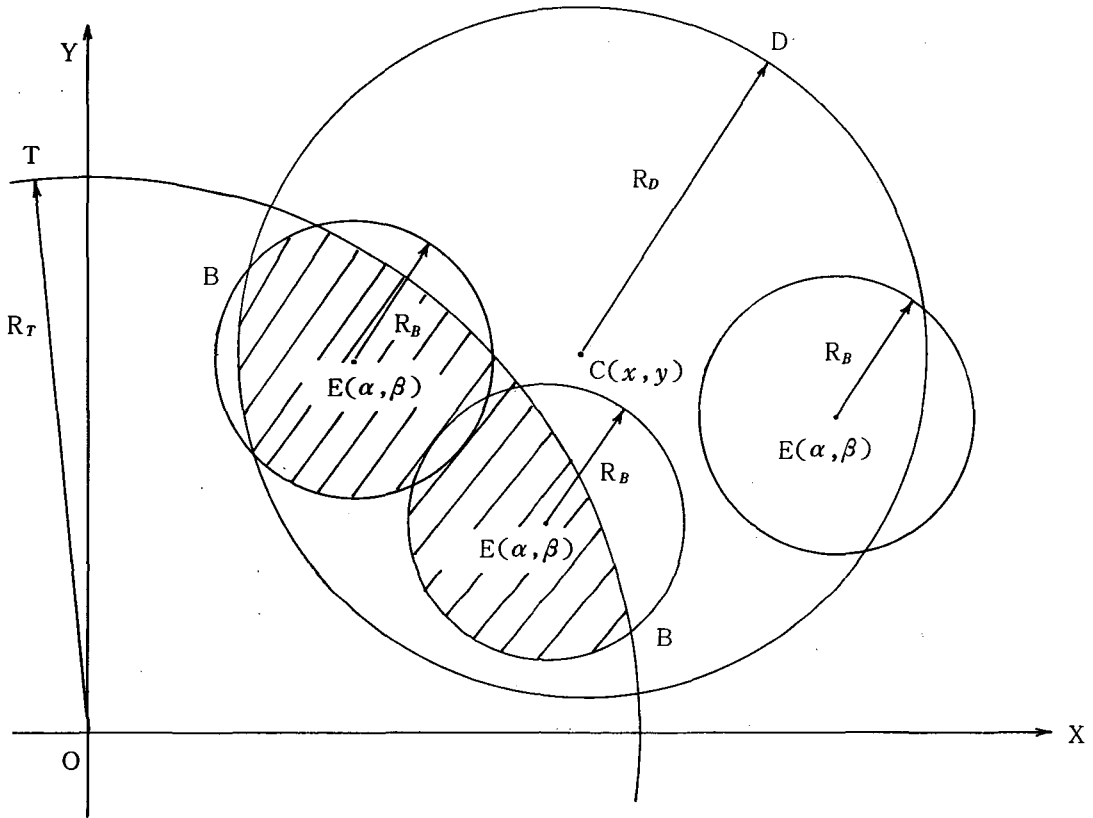
여기에서 $P_k(x, y)$ 는 殺傷確率이다. 위 式을 極座標로 바꾸고 또한 破片이 갈 수 있는 距離는 有限하므로 無限大까지 積分할 必要가 없고 砲彈 最大 效果距離(R)까지 積分하면 된다.

$$A(E_i) = \int_0^R \int_0^{2\pi} P_k(r, \theta) r d\theta dr \dots\dots (16)$$

나. 砲隊 1發 効力射時 標的制壓模型

標的의 半徑 R_T 인 원 T이고 榴彈의 分布가 半徑이 R_D 인 원 D이며 榴彈의 地面에 대한 殺傷面積을 半徑이 R_B 인 원 B라 하자. 또한 원

T의 중심을 直交坐標의 원점, 원 D 및 원 B의 중심을 각각 $C(x, y)$, $E(\alpha, \beta)$ 라 하면 改良高爆彈 1發의 標的制壓 형태는 <그림 3-2>와 같다.



<그림 3-2> 改良高爆彈의 標的制壓形態

改良高爆彈은 3차 爆發時 榴彈의 破片에 의하여 形成된 地面에 대한 殺傷面積에 의하여 標的構成要素에 損傷을 입힌다. 또한 榴彈의 損傷函數는 式 (10)과 같다. 따라서 式 (16)에서 $P_k(r, \theta) = 1$ 이다. 즉, i 榴彈이 標的에 損傷을 입히는 被害面積 $A(E_i)$ 는 <그림 3-2>에서 빗금친 部分이 된다.

다음 改良高爆彈이 N 개의 榴彈을 가지고 있고, 이 N 개 榴彈중에서 榴彈의 信賴度를 考慮

하여 N_r 개의 榴彈만이 爆發한다고 가정한다.

또 i 번째 榴彈에 의한 被害面積을 $A(E_i)$ 라 하면 改良高爆彈 1發에 의한 被害面積 A_L 은 式 (13)에 의해서,

$$A_L = A(E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_{N_r})$$

$$= A\left(\bigcup_{i=1}^{N_r} E_i\right) \dots \dots \dots (17)$$

이다.

또한 砲隊 効力射의 發數를 n , 즉 砲隊가 장비하고 있는 砲數를 n 이라 하고, 이 n 發의 改良高爆彈 中에서 砲彈의 信賴度를 考慮하여 n_r 發의 砲彈만이 標의地域에서 爆發한다고 가정한다. 그리고 j 번째 砲에서 發射된 改良高爆彈의 i 번째 榴彈에 의한 被害面積을 $A(E_{ij})$ 라 하면 砲隊 効力射時 標의構成要素에 대한 被害面積 A_L 은,

$$A_L = A(E_{11} \cup E_{21} \cup \dots \cup E_{n_r 1} \cup E_{12} \cup E_{22} \cup \dots) \\ = A\left(\bigcup_{j=1}^{n_r} \bigcup_{i=1}^{n_r} E_{ij}\right) \quad \dots\dots\dots (18)$$

이다.

따라서 砲隊 効力射를 실시했을 때의 標的의 制壓率을 f 이라 하면,

$$f = \frac{A_L}{A_T} \quad \dots\dots\dots (19)$$

이다.

다. 基本模型(砲隊 M發 効力射時 標的制壓模型)

다음은 砲隊 効力射를 M회 실시했을 때의 標的制壓模型을 알아 본다. $E(M)$ 을 M번째 効力射를 포함해서 그 이전 効力射에 의해 생긴 期待標的制壓率이라 정의하면, 期待標的制壓率 $E(M)$ 은 M-1번째 効力射까지의 期待標的制壓率 ($E(M-1)$)에 M번째 効力射에서의 期待標的制壓率을 합하면 된다.

이때 M번째 効力射에서의 期待標的制壓率은 M-1번째 効力射까지 標的이 制壓되지 않고 M번째 効力射에서 標的이 制壓되는 期待值를 나타낸다. 이를 구하기 위해서 $P_s(K)$ 를 K번째 効力射까지 標的이 制壓되지 않고 生存할 確率이고 $f(k)$ 를 K번째 効力射에서의 標的의

壓率이라고 하자. 또 K번째 効力射時 j 번째 榴彈에 의해서 標的의 制壓이 일어난 被害面積을 $A(E_{ijk})$ 라 하면 식 (19)에 의해서,

$$f(k) = \frac{A_L(k)}{A_T} \\ = \frac{A\left(\bigcup_{j=1}^{n_r} \bigcup_{i=1}^{n_r} E_{ijk}\right)}{A_T} \quad \dots\dots\dots (20)$$

이다. 또한 M-1번째 効力射까지 標的이 制壓되지 않고 生存할 確率은,

$$P_s(M-1) = \prod_{k=1}^{M-1} (1-f(k)) \quad \dots\dots (21)$$

이다.

따라서 M번째 効力射까지의 期待標的制壓率 $E(M)$ 은,

$$E(M) = E(M-1) + f(M)P_s(M-1) \\ = E(M-1) + f(M) \prod_{k=1}^{M-1} (1-f(k)) \quad \dots\dots\dots (22)$$

이다. 여기에서 첫번째 効力射時 期待標的制壓率은,

$$E(1) = f(1) \quad \dots\dots\dots (23)$$

이다.

이때 어떤 標的에 대해서 요망 期待標的制壓率에 이를 때까지 射擊한 所需 彈藥 發數는 $n \cdot M$ 發이 된다.

4. 模擬實驗 (simulation)

가. 期待標的制壓率 및 砲彈發數 計算過程

砲隊 効力射를 M회 실시했을 때의 期待標的制壓率은,

$$E(M) = E(M-1) + f(M)P_r(M-1)$$

이다. 여기에서 $f(M)$ 은 M번째 효력射에서의 標的制壓率로 아래와 같다.

$$f(M) = \frac{A_L(M)}{A_T}$$

또한 被害面積 $A_L(M)$ 을 구하는 절차는 먼저 均一한 標的地域 내에 分布한 標的構成要素(ϵ, n)을 N_T 개 模擬해 낸 후 模擬實驗을 통하여 N_T 개 중에 榴彈의 殺傷面積 내에 位置해서 殺傷된 標的構成要素의 갯수 N_K 을 계산해 낸다.

이때 殺傷面積 $A_L(M)$ 은,

$$A_L(M) \doteq \frac{N_K}{N_T} A_T \quad \dots\dots\dots (24)$$

이 된다. 그러므로 M번째 효력射에서의 標的制壓率은,

$$f(M) \doteq \frac{N_K}{N_T} \quad \dots\dots\dots (25)$$

이다.

期待標的制壓率 $E(M)$ 을 계산하며 射擊한 砲彈發數를 구하기 위한 節次는 다음과 같다.

첫째, 模擬實驗으로 彈着點을 구한다.

둘째, 模擬實驗으로 榴彈의 地面에 대한 殺傷圓의 中心點(榴彈의 位置)을 구한다.

셋째, 榴彈의 破裂 고도를 模擬하고 榴彈의 地面에 대한 殺傷半徑을 구한다.

넷째, 模擬實驗으로 標的構成要素位置를 구한다.

다섯째, 標的構成要素와 榴彈位置를 고려하여 榴彈이 標的構成要素를 殺傷할 수 있는 여부를 決定한다.

여섯째, 榴彈의 殺傷半徑을 고려하여 殺傷된 標的構成要素의 갯수를 계산한다.

일곱째, 要望効果 수준에 이를 때까지 期待標的制壓率을 계산한다.

여덟째, 砲彈發數를 계산한다.

나. 期待標的制壓率에 影響을 주는 變數

(1) 효력射 횟수

本 研究에서 개발한 기본 모형은,

$$E(M) = E(M-1) + f(M)P_r(M-1)$$

이다. 여기에서 $E(M)$ 은 期待標的制壓率로서 효력射 횟수인 M 의 函數이다. 本 研究에서는 효력射 횟수를 증가시키면서 期待標的制壓率의 變化를 알아보기로 한다.

(2) 射距離 및 公算誤差

砲兵射擊에서는 각각 상이한 裝藥, 상이한 射距離로 射擊이 수행된다. 이때 標的까지의 射距離에서 最大의 正確性を 얻을수 있도록 裝藥이 선택된다. 고장약으로 射擊하면 彈導가 낮아지므로 敵 電探機의 探知 가능성을 감소시키며 저장약으로 射擊하면 敵의 音響 및 閃光 측정기와 적외선 탐지기에 의한 探知 능력을 감소시킨다. 一般적으로 我軍砲는 敵의 전탐기 보다는 음향 및 閃光 측정기와 적외선 탐지기에 의해 探知될 경우가 많으므로, 생존성을 위해서는 저장약 使用이 바람직하다.

그러나 저장약으로 射擊하면 고장약 射擊時 보다 같은 射距離에서는 射距離 公算誤差가 크므로 正確性を 감소시킨다. 本 研究에서는 정확성을 기하고, 동시에 저장약을 使用하기 위해서 1 射距離 公算誤差가 25 m를 초과하지 않는 裝藥別有效 射距離를 선정하여 使用하기로 한다. 射距離가 2,000 m 이내는 迫擊砲 射距離이므로 특수한 경우를 제외하고는 砲兵 射擊을 실시하지 않는다. 本 研究에서는 射距離가 3,000 m 이상에서 A 武器體系 最大 射距離인 11,000 m 까지를 1,000 m 단위로 나누어 變化시키면서 期待標的制壓率의 變化를 알아 보기로 한다. 이에 따른 裝藥 및 射距離別 1 射距離 公算誤差 및 偏角 公算誤差는 <表

4-1) 과 같으며, 이 表는 射表에 明示되어 있는 것을 정리한 것이다.

〈表 4-1〉 裝藥別 有効 射距離 및 公算誤差

裝藥(호)	射距離 (m)	1 射距離公算誤差(m)	1 偏角公算誤差 (m)
5	3,000	14	2
	4,000	19	2
6	5,000	14	3
	6,000	17	4
	7,000	22	4
7	8,000	16	5
	9,000	18	6
	10,000	20	7

(3) VE射距離誤差

VE射距離誤차는 砲隊 中央砲의 砲口 秒速을 기준으로 하여 中央砲보다 VE가 0, ±1, ±2, ..., ± 10m/sec인 경우를 分析하며 이에 따라 期待標의 制壓率이 어떻게 변하는가를 分析한다. 砲口 秒速에 있어서 단위 秒速(m/sec)의 증감에 해당하는 射距離 修正量은 射表에 明示되어 있으며, 〈表 4-1〉에 表示되어 있는 裝藥 및 射距離別 速度誤차로 인한 射距離誤차는 〈表 4-2〉와 같다.

(4) 砲位置

砲隊의 砲位置는 砲隊形에 따라 달라지며, 本 研究에서는 屈曲配置만을 다루기로 한다. 또한 砲配置를 할 때는 一般의으로 폭 150 m, 길이 50 m 이내에서 전개해야 한다. 그러나 산악 지형이 많은 한국에서는 폭 150 m의 진지를 점령하기란 쉬운 일이 아니며 매우 제한되어 있다. 本 研究에서는 砲隊의 幅을 100, 110, ..., 150 m로 變化시키면서 이에 따라 期待標의 制壓率이 어떻게 변하는지를 分析한

〈表 4-2〉 VE射距離誤差

裝藥(호)	射距離(m)	± 1 m / sec (m)	-1m/sec (m)
5	3,000	18.9	- 16.4
	4,000	24.6	- 21.4
6	5,000	11.8	- 11.7
	6,000	13.5	- 13.1
	7,000	15.3	- 14.7
7	8,000	16.1	- 15.9
	9,000	17.1	- 16.9
	10,000	18.3	- 17.9

다.

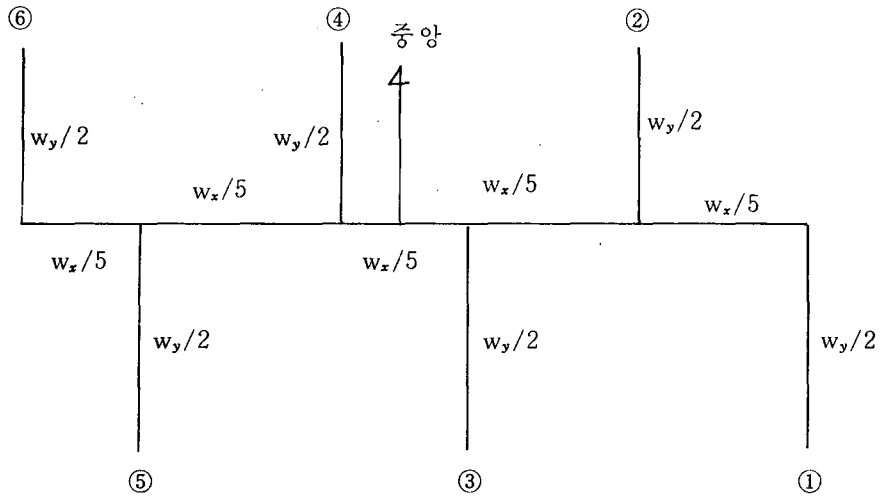
A 武器體系 砲隊에 있어서 砲隊의 幅이 W_2 m, 깊이가 W_1 m인 전형적인 砲配置는 〈그림 4-1〉와 같으며, 이때 각 砲間의 간격은 같은 간격인 것으로 假定한다.

(5) 標的의 크기

標的의 形態는 원형이며 標的의 크기는 半徑 R_T 로 表示하였다. 本 研究에서는 半徑 R_T 를 50 m에서 250 m까지 20 m 간격으로 變化시키면서 期待標의 制壓率의 變化를 分析한다.

(6) 榴彈의 信賴度

榴彈의 信賴度는 破裂地面 形態에 따라 다르다. 즉, 破裂地面 形態가 양호하면 통상 不發率은 2% 이하이다. 그러나 破裂地面 형태가 불량한 積雪量이 많은 地域에서는 50%까지增加한다. 本 研究에서는 不發率이 1%에서 50%까지 增加시키면서 期待標의 制壓率의 變化를 分析한다. 또한 信賴度는 裝藥에 따라 다르다. 즉, 裝藥 7號에서는 다른 裝藥號數에서 보다 不發率이 增加한다. 本 研究에서는 裝藥 7號로 射擊時에는 다른 裝藥號數로 射擊時보다 不發率이 10% 더 增加하는 것으로 가정하고 模擬實驗을 實施한다.



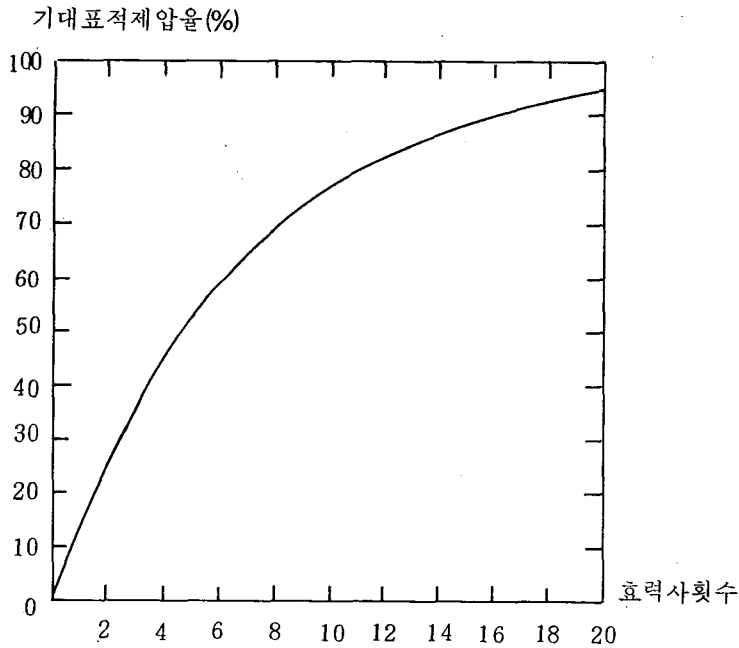
〈그림 4-1〉 砲配置 形態

5. 感度分析

가. 効力射 횟수와 期待標的制壓率

効力射 횟수를 增加시키면서 模擬實驗한 結果는 〈그림 5-1〉과 같다. 〈그림 5-1〉에서 보는 바와 같이 効力射 횟수가 增加함에 따라 期

待標的制壓率이 增加하고, 增加趨勢는 처음에는 增加幅이 크고 점차로 增加幅이 낮아지는 傾向이다. 이것은 効力射 횟수가 增加할수록 期待標的制壓率의 增加幅이 점점 낮아져 効用度가 떨어지는 것을 나타낸다.



〈그림 5-1〉 効力射 횟수와 期待標的制壓率

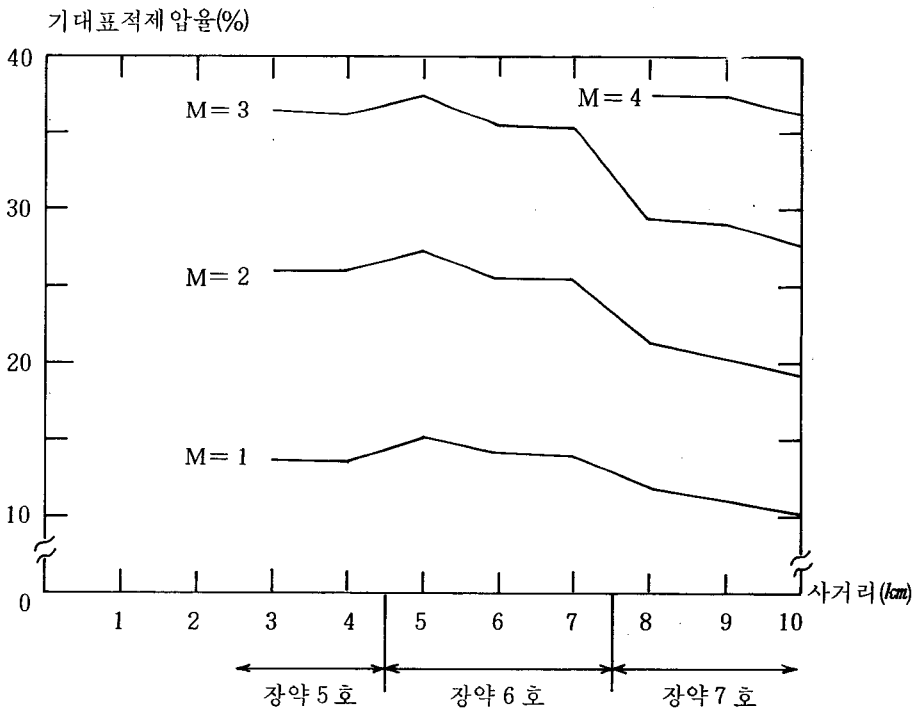
나. 射距離와 期待標的制壓率

裝藥別 有効射距離內에서 射距離를 1,000 m 단위로 變化시키면서 模擬實驗한 결과는 <그림 5-2>와 같다. <그림 5-2>에서 보는 바와 같이 裝藥 5號 有効射距離에서는 射距離 3,000 m, 6號에서는 5,000 m, 7號에서는 8,000 m일 때 期待標的制壓率이 상대적으로 더 높게 나타난다. 이는 같은 裝藥號數內에서 射距離가 증가함에 따라 射距離 公算誤差가 증가하여 期待標的制壓率이 감소하기 때문이다.

또한 射距離 4,000 m보다 5,000 m에서 期待標的制壓率이 더 높게 나타나는 이유는 裝藥號數가 5號에서 6號로 바뀔에 따라 射距離

4,000 m보다 5,000 m에서 射距離 公算誤差가 더 감소하기 때문이다. 그러나 裝藥 6號에서 7號로 바뀐 射距離 8,000 m에서는 射距離 公算誤差가 7,000 m에서 보다 감소되었음에도 불구하고 期待標的制壓率이 더 낮다. 그 이유는 裝藥 7號에서는 砲彈의 信賴度가 다른 裝藥號數보다 약 10% 가량 낮기 때문이다.

따라서 改良高爆彈 射擊時 裝藥號數를 선택할 때는 射距離 公算誤差가 적은 裝藥을 선택해야 期待標的制壓率이 증가한다. 그러나 裝藥 7號에서는 射距離 公算誤差가 적다 할지라도 砲彈의 信賴度가 떨어지기 때문에 裝藥 7號의 선택은 가능한 한 피해야 한다.



<그림 5-2> 射距離 및 公算誤差와 期待標的制壓率

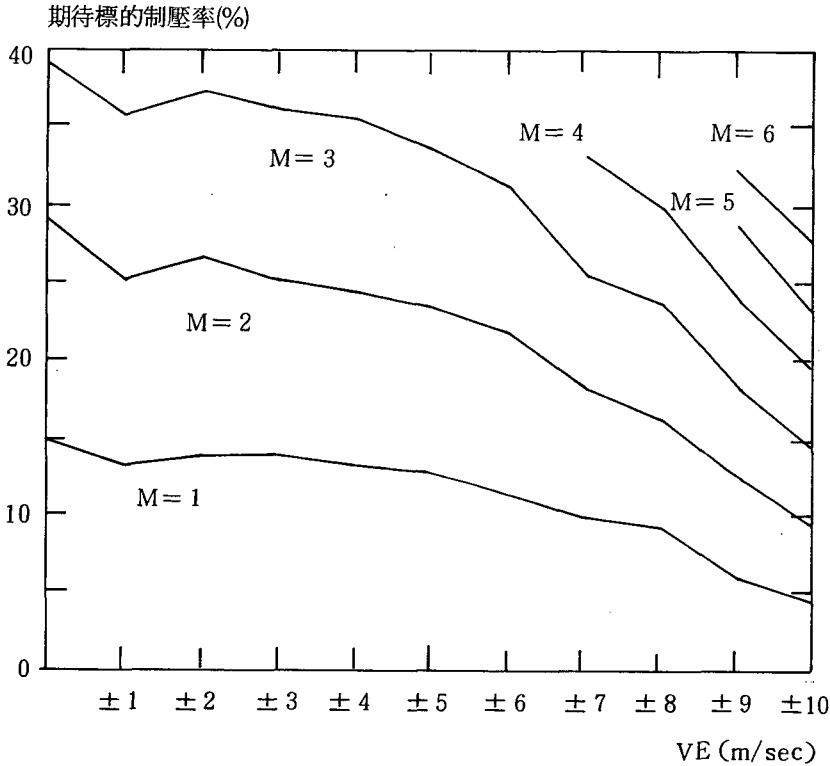
다. 速度誤差와 期待標的制壓率

A. 曲射砲隊의 砲 中에서 3번 砲의 砲口速度를 基準으로 하여 3번 砲보다 VE가

0, ±1, ±2, ..., ±10 m/sec로 變化시킬 때 이에 따른 期待標的制壓率의 變化를 分析한 模擬實驗 結果는 <그림 5-3>과 같다. <그림

5-3>에서 보는 바와 같이 VE가 ± 2 m/sec 일 때까지 期待標的制壓率(%)이 증가하나 ± 4 m/sec 이상부터는 期待標的制壓率(%)이 감소한다. VE가 ± 2 m/sec 일 때까지 期待標的制壓率(%)이 증가하는 이유는 砲配置 形態가 屈曲配置이기 때문이다. 즉, 전진 配置된 砲에는 VE가 음수, 후진 配置된 砲에는 VE가 양수인 砲

를 配置함으로써 전진 配置되거나 후진 配置된 要素를 보완하기 때문이다. 그러나 VE가 ± 4 m/sec 을 지나면 상호 보완된 정도를 벗어나기 때문에 期待標的制壓率(%)이 계속 감소된다고 分析된다. 따라서 期待標的制壓率(%)을 증가시키기 위해서는 각 砲間의 VE차이를 ± 4 m/sec 이하로 줄여야 한다.



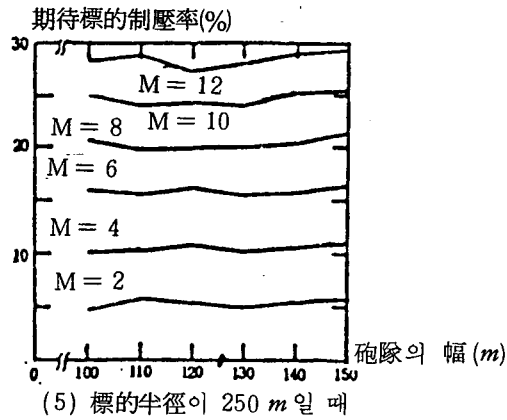
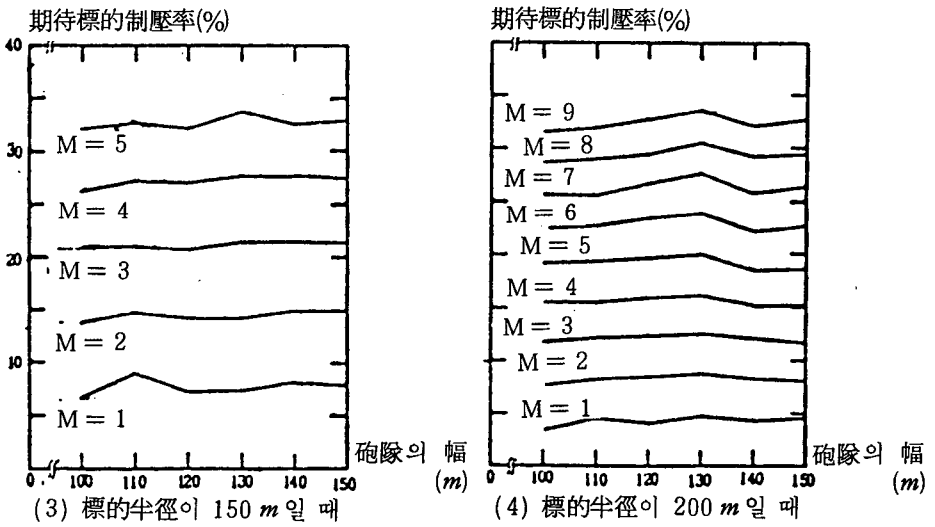
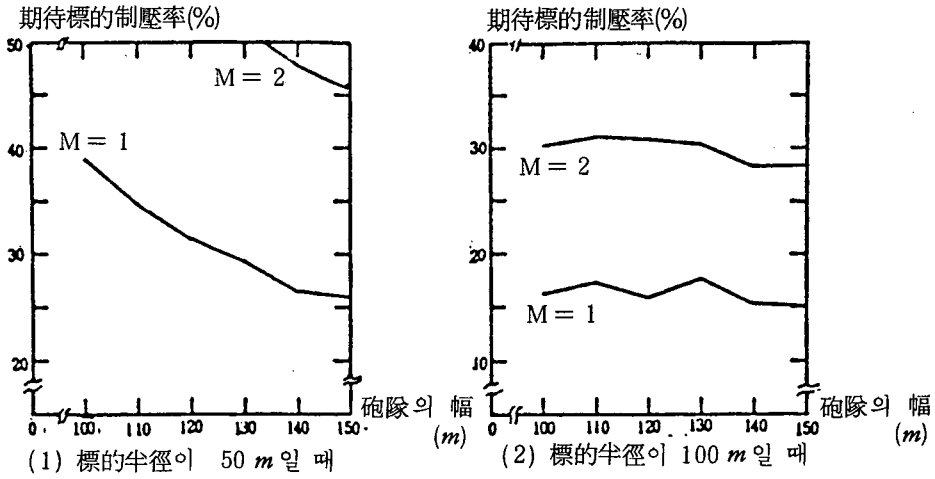
<그림 5-3> 速度誤差와 期待標的制壓率

라. 砲隊의 幅과 期待標的制壓率

砲隊의 幅을 100, 110, ..., 150 m로 증가시키면서 模擬實驗한 結果는 <그림 5-4>와 같다.

<그림 5-4>에서 보는 바와 같이 標的半徑이 50 m일 때는 砲隊의 幅이 증가함에 따라 期待標的制壓率(%)은 감소하고, 砲隊 1발 効力射時 期待標的制壓率(%)이 30% 이상일 경우는 砲隊의 幅이 120 m 이내이어야 한다. 또한 砲隊 幅의 期待標的制壓率(%)에 대한 變化率은 매우 크

다. 標的半徑이 100, 150, 200 m로 증가하면 期待標的制壓率(%)은 砲隊의 幅이 110 ~ 130 m 사이에서 가장 크며, 砲隊 幅의 期待標的制壓率(%)에 대한 變化率은 매우 적다. 標的半徑이 250 m일 때는 砲隊의 幅이 150 m일 때가 期待標的制壓率(%)이 가장 크다. 그러나 砲隊 幅의 期待標的制壓率(%)에 대한 變化率이 매우 적기 때문에 砲隊 幅이 120 m일 때와 150 m일 때의 期待標的制壓率(%)에 대한 차이는 매우 적다.



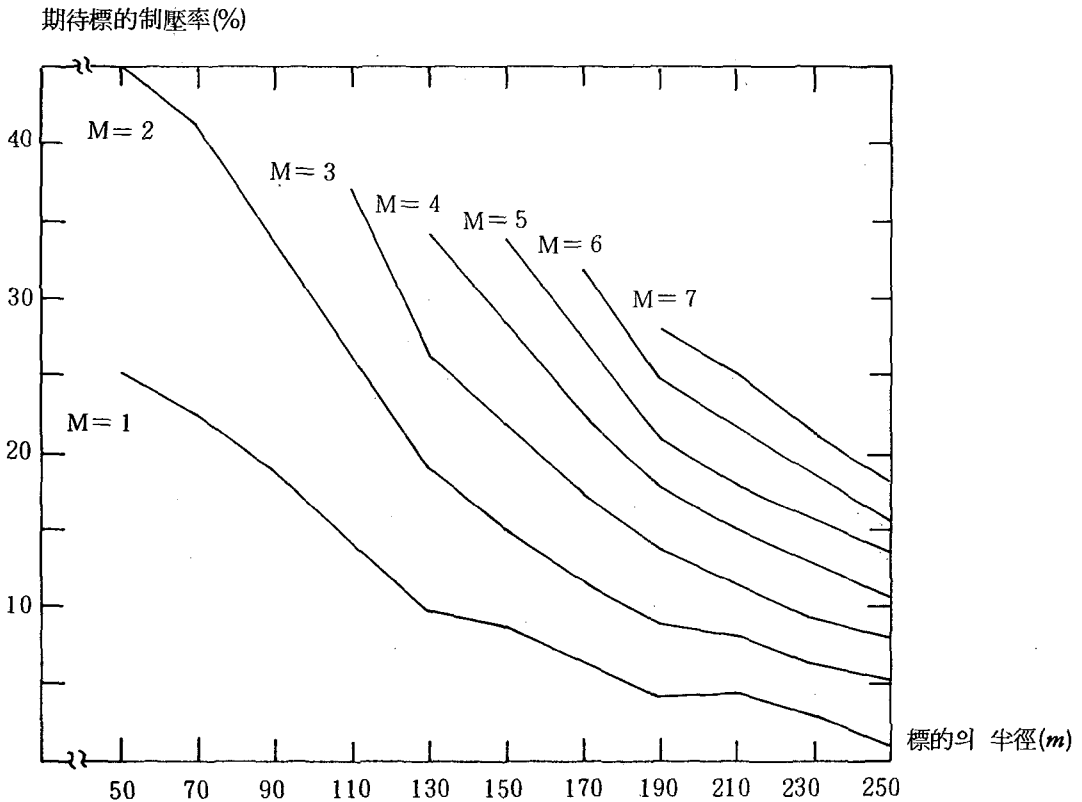
< 그림 5 - 4 > 砲隊의 幅과 期待標的制壓率

그러므로 改良高爆彈 射擊時에 砲隊의 陣地를 점령할 때에는 砲隊의 砲을 120 m로 하는 것이 가장 바람직하다고 판단할 수 있다.

마. 標的의 크기와 期待標的制壓率

標的의 半徑을 50 m에서 250 m까지 20 m 단위로 變化시키면서 模擬實驗한 結果는 <그림 5-5>와 같다. <그림 5-5>에서 보는 바와 같

이 標的의 半徑이 증가함에 따라 期待標的制壓率은 점점 감소하여 要望效果를 달성하기 위한 소요 彈藥發數는 증가하게 된다. 標的의 크기는 我軍 砲隊에서 제어할 수 없는 要素이기 때문에 標的의 크기가 증가하면 射擊指揮將校는 要望效果를 달성하기 위해서 効力射 횡수를 증가시켜야만 한다.

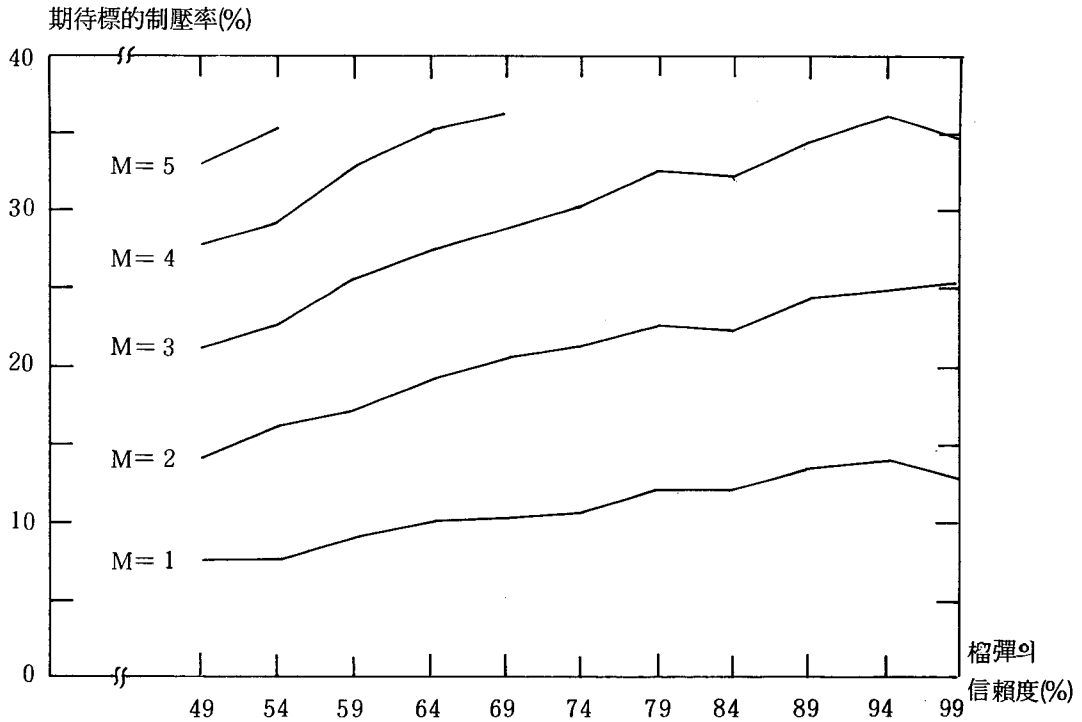


<그림 5-5> 標的 크기와 期待標的制壓率

바. 榴彈의 信賴度와 期待標的制壓率

榴彈의 信賴度를 99%에서 49%까지 5% 단위로 變化시키면서 模擬實驗한 結果는 <그림 5-6>과 같다. <그림 5-6>에서 보는 바와 같이 榴彈의 信賴度가 감소함에 따라 期待標

的制壓率은 점점 감소하게 된다. 榴彈의 信賴度는 標的地域의 破裂地面 형태에 따라 영향을 받으므로, 射擊指揮將校는 破裂地面의 형태가 榴彈의 信賴度를 감소시킬 때는 彈種을 바꾸거나 要望效果를 달성하기 위해서 効力射 횡수를 증가시켜야만 한다.



〈그림 5-6〉 榴彈의 信賴度와 期待標的制壓率

6. 結 論

위에서 살펴 본 바와 같이 射擊指揮將校는 射擊任務를 接受하면 標的에 대한 攻擊方法을 決定해야 하며, 攻擊方法을 결정할 때 다음과 같은 사항을 고려해야만 최소량의 彈藥으로 要望效果를 달성할 수 있다.

첫째, 砲隊 効力射時 期待標的制壓率의 한 계 효과는 効力射 횟수가 증가할수록 감소된다.

둘째, 改良高爆彈 射擊時 裝藥號數를 선택 할 때에는 高裝藥號數를 선택해야만 期待標的 制壓率의 증가하나, 裝藥 7號는 가능한 한 선택을 피해야 한다.

셋째, 각 砲間의 VE差異는 $\pm 4 \text{ m/sec}$ 이 내로 해야 한다.

넷째, 改良高爆彈 射擊時에는 砲隊의 幅을 120 m로 하는 것이 바람직하다.

다섯째, 改良高爆彈 射擊時 소요 彈藥發數는 標的의 크기에 따라 至大한 영향을 받으므로 射擊指揮將校는 標的의 크기에 따른 소요 彈藥發數를 알고 있어야 한다.

여섯째, 改良高爆彈은 榴彈의 信賴度에 따라 期待標的制壓率이 달라지므로 소요 彈藥發數를 결정하기 위해서는 破裂地面 形態를 考慮해야 한다.

參 考 文 獻

1. 閔啓了, 野戰砲兵 武器體制의 目標制壓을 위한 速度誤差의 許容限界 決定, 韓國科學技術院, 1976.
2. 李東翰, 梁海述, EDP 「시스템 시뮬레이션」, 一潮閣, 1982.
3. 韓基福, 姜哲亨, 趙雄仁, 殺傷面積, 國防

- 科學研究所, 1981.
4. Carl H. Hess, "Target Coverage" Topics in Military Operations Research, The university of Michigan Engineering Summer Conference, 1969.
 5. Averil M. Law and W. David Kelton, Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill Book Company, 1982.
 6. 陸軍本部, 野戰教範 6-40 : 野戰砲兵大砲砲術(1), 1981.
 7. 陸軍本部, 野戰教範 6-40 : 野戰砲兵大砲砲術(2), 1982.
 8. 陸軍本部, 野戰教範 6-50 : 野戰砲兵大砲砲隊, 1982.
 9. 陸軍本部, 野戰教範 6-141-1:野戰砲兵標的分析 및 武器運用, 1981.
 10. 陸軍本部, 野戰教範 6-141-2(草案) : 野戰砲兵特殊彈運用, 1982.
 11. 陸軍本部, 射表 105-H-7 : 105 밀리 곡射砲 M₂A₂, 1982.
 12. TH 61 S1-B-KS-3-1-1, Weapons, Ammunition, and Fuze Characteristics, 1976.
 13. TH 61 S1-A-KS-2-17, Basic Effectiveness Manual, 1976.