

WinJMEM 모형을 이용한 시설물  
피해산정에 관한 연구  
(A Study on the Attrition Rate of Facility  
Using the WinJMEM)

백종학, 이상현\*

**Abstract**

This paper deals with the attrition rate of major facility such as a particular building that is one of the most important target in the war time. In order to estimate the attrition rate, we use JAWS, WinJMEM which are programmed by JTCG/ME of AMSAA and spreadsheet package which is able to assist the limitation of those programs and calculate all the procedure of this computation. This method uses the effectiveness index(EI) which indicates the numerical measure of the effectiveness of a given weapon of a given target. The range error probable(REP) and the deflection error probable(DEP) in the ground plane also should be used. Those mean the measure of delivery accuracy of the weapon system. In this paper, it is improved that the EI can be obtained from the regression analysis using the weight of the warhead explosive as the independent variable. It implies that we are able to obtain the EI and the conditional probability of damage of the enemy weapon. After that, the single-sortie probability of damage can be computed using WinJMEM or another assistant program such as the spreadsheet package which shows the result immediately.

---

\* 국방대학교 관리대학원

## 1. 서 론

‘전시 혹은 비상시에는 과연 어떤 일이 일어날까?’ 이는 우리 인간이 가지고 있는 未曾有의 궁금증 중의 하나일 것이다. 이 중에서 ‘과연 시설물들은 어느 정도의 피해를 입고, 우리는 무엇을 준비해야 하는가?’ 하는 것은 국방을 담당하는 군인들에게 있어서는 하나의 큰 관심으로 남아 있다. 또한 국가적인 차원에서 비상시를 계획하고 이를 준비하는 기관이나 단체, 사회인들 또한 동일한 생각을 가지고 있을 것이다. 이에 대하여 피해율에 관한 다방면에 걸친 연구가 된 바 있으며 특히, 군사 분야의 경우 예상되는 피해율과 전쟁지속 기간 중 손실을 등을 바탕으로 물자 및 장비, 인원 등의 보충률 등 군수지원의 기준으로 삼고 있으며, 비군사 분야에서도 비상대비업무를 위한 자원관리의 기준으로 혹은 각종 정부 비상대비훈련의 상황부여 자료로 활용되고 있다.

본 연구에서는 그중 시설물과 관련된 피해산정을 위해 합동탄약효과교범(JMEM)의 피해산정논리와 Database를 이용하였으며, 적 공격수단에 의한 피해산정이 가능하도록 회귀분석(Regression Analysis) 기법을 적용하여 적 폭탄의 효과지수를 추정한다. 이에는 JAWS<sup>1)</sup>, WinJMEM<sup>2)</sup>의 관련자료 및 산출결과 값과 범용 사무자동화 프로그램인 spreadsheet package의 통계데이터분석 등의 기능과 통계 및 논리함수 등을 이용하였다.

## 2. 기존 연구 고찰

현재까지의 피해율 산정 연구는 군사 분야와 비군사 분야로 구분할 수 있으며, 군사 분야의 연구에는 육군의 경우 미 야교 101-10-1과 6.25전쟁의 경험을 참고하여 한국적 여건에 맞도록 부분적으로 수정 보완한 야전교범 편성·기술 및 군수제원과 1982년에 2차대전 전사위주로 최초 작성된 팜플렛 708-13 장비목록표 등이 기초가 되고 있다. 또한, P-90K가 전구급 규모의 모의가 가능한 WARRAMP체계를 이용하여 탄약소모율 및 전시 무기/장비의 손실률을 산정하는 데 이용되었으며, 1990년대에 들어서는 기존의 WARRAMP 체계의 각종 논리를 한국적 여건에 맞도록 개선하여 한국군 최초로 독자적인 K-95 탄약연구를 수행하여 육군은 물론 해군 및 공군의 지상탄 분야에 적용된 바 있다. K-98연구를 통하여 전시인원손실 연구, 유류 비축정책 검토, 그리고 지상군 전력증강 방안연구 등을 실시하여 오다가 1994년 미 개념분석국으로부터 도입한 모델체계인 CALAPER<sup>3)</sup>를 이용하여 K-2005탄약소요와 K-2005 무기/장비 손실연구 등 ‘K+기준 년도’로 시작되는 각종 손실 및 소요연구를 추진하고 있다[12].

비군사 분야의 연구에도 비상시 적의 공격으로부터 어느 정도의 피해를 입을 것인가를 예측하고 각종 자원 소요판단의 기준을 제시하고자 많은 노력을 경주하여 왔다. 1969년 당시 국가안전보장회의에 의해 인원, 물자 및 시설의 피해율을 지역별 단일 피해율을 적용하여 오다가, 1981년에 한국국방연구원(KIDA)에서 100여개의 산업시설을 중심으로 대표시설을 선정하여 이를 바탕으로 전국 및 지역피해를 산출하여 적용하였으며, 1985년 및 1986년에 300여

1) JMEM Air-to-Surface Weaponering System

2) Windowed JMEM Program

3) CALculation of Ammunition, Petroleum and Equipment Rate

개의 대표표적에 대해 적항공기 및 특작부대에 의한 가해수단에 한정된 피해판단을 하였다. 이후 1990년대에는 미사일, 장사정포를 추가한 공격수단에 의해 주요 산업시설과 전국 및 지역별 피해율을 산정 하였다.

상기 연구에는 합동무기효과교범의 방법론을 적용하고 있으며 이는 미군 측에서 제공하고 있는 JMEM·Air-to-Surface 논리를 원용하여 피해판단을 하는 것으로, 국내에서는 이를 위한 별도의 실험기관이不在하여 전적으로 미군 측의 자료에 의존하고 있는 실정으로, 기존의 D/B를 조합하고 이를 합리적인 방법으로 해석하는 것으로 만족해야만 하는 아쉬움을 남겨두고 있다.

JMEM 방법론은 비군사 분야에만 적용된 것이 아니라 1988년 '군사분야 전시피해손실을 판단'에서 비행장, 항만, 저장 및 통신시설 등의 피해 판단시 적용되었으며, 1998년 '해·공군 전시피해율 산정'에서는 해군의 함정 및 탑재장비, 공군의 비행기지 및 지상 탄약 및 유류피해 판단 시에도 적용되는 등 군사분야 피해율의 기본논리로도 사용되고 있다. 또한, AMSAA에서 전산화한 CD-ROM 형태의 합동공대지무기추천체계(JAWS)의 가용한 자료 및 방법을 이용하였으며 국내 최초로 함정피해수준을 평가하여 'K-2004 함정피해율'이 작성된 바 있다.

### 3. 주요시설물 피해율 산정

다음은 피해율 산정을 위한 기본개념 및 가정사항들과 주요시설물의 형태별 피해산정 방법, 적의 공격수단 중 항공기 및 장사정포에 의한 피해로 한정하여 피해산정 방법에 대해 논한다.

### 3.1 피해율 산정을 위한 기본개념

#### 3.1.1 기본개념

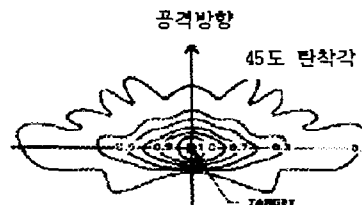
해당 표적이 無力化 혹은 破壞(殺傷)될 확률( $P_k$ )은 표적에 탄이 명중할 확률( $P_h$ )에 이때 무력화하거나 파괴할 조건부 확률( $P_{k/h}$ )의 곱으로 나타나며 이는 다음 식 (3-1)과 같다.

$$P_k = P_h \cdot P_{k/h} \quad (3-1)$$

명중해서 파괴시킬 條件附確率(conditional probability) 공격할 표적의 脆弱性과 탄의 破壞能力에 좌우되므로 彈頭와 특정 標의간의 조건에 의해 彈着效果 分析이 되어야 한다.

命中確率의 경우에는 표적의 脆弱性과는 無關하며 표적의 크기, 표적의 移動性, 射距離 등과 武器體系가 지니고 있는 고유의 射彈分散, 氣候, 標的位置誤差, 照準誤差 등에 의해 결정된다. 이러한 복잡한 오차를 모두 고려한다는 것은 불가능한 일에 가까우므로, 무기체계의 오차(CEP, REP, DEP)만을 고려한 명중확률을 계산하기로 한다[4].

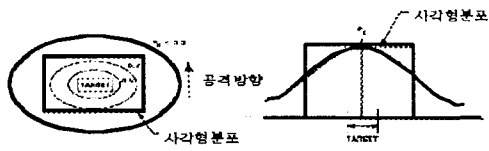
#### 3.1.2 가정사항



<그림 3-1> 파편 살상확률

피해산정을 위해서는 몇 가지의 가정사항이 추가로 적용된다. 즉, 파편에 의한 조건부피해확률의

분포는 45도 탄착각의 경우 목표를 원점으로 <그림 3-1> 과 같이 나타난다. 하지만 이는 실제 피해산정에 적용하기에는 계산상의 제한이 따르며, 피해정도를 가장 합리적인 방법으로 산정하기 위해 <그림 3-2>와 같이 정규분포화 혹은 그 피해범위를 가장 대표하는 균등분포의 형태로 가정한다[9].



<그림 3-2> 조건부 피해확률

또한 투하된 탄의 패턴과 표적이 겹칠 확률은 공격방향 및 가로방향으로 정규분포를 따른다고 보며 각 방향의 명중률은 독립된 사상으로 본다. 즉 공분산( $\rho$ )이 '0' 인 이변량정규분포를 따른다고 가정한다.

### 3.1.3 표적의 파괴유형과 무기효과지수

표적에 대한 무기체계효과를 평가할 때에는 표적의 형태나 기능, 취약성 등의 영향요소를 고려하여 표적과 무기의 관계를 정립하여 단일 수치화한 무기효과지수(Effectiveness Index)를 적용한다. 이는 폭발에 의한 평균효과면적, 파편에 의한 평균효과면적, 건물에 대한 평균효과면적, 유효명중거리, 교량파괴지수, 취약면적, 폭파구의 직경 등을 이용한다. 본 논문에서는 건물의 경우로 건물에 대한 평균효과면적( $MAE_{bldg}$ )을 사용하여 탄의 중량과 무기효과지수의 상관관계를 분석 하였다.

### 3.1.4 단일소티 피해율(SSPD)

단일소티피해율은 식 (3-1)에서와 같이 표적에 탄이 명중할 사상과 이때 표적을 무력화 할 수 있는 조건부확률의 곱으로 표현한다. 이때 조건부피해확률은 무기효과지수(EI)에 의해 결정되는 유효표적면적( $A_{ET}$ )을 탄도오차를 고려한 단발효과면적( $A_B$ )과 탄의 신뢰도를 이용하여 구한다. 즉, 조건부피해확률은 탄의 신뢰도를 고려한 피해를 입힐 수 있는 면적을 탄도오차에 의해 실제 탄이 떨어질 수 있는 면적으로 나누어 준 것이 되겠으며 여러 발을 간격투하할 경우에는 단발효과면적( $A_B$ )을 확장하여 간격투하 패턴의 길이(stick length)와 너비(stick width)를 반영한 간격투하 효과면적( $A_P$ )을 이용하여 조건부피해확률( $P_{CD}$ )을 구한다. 조건부피해확률이 구해지면 단일 소티피해율(SSPD)은 식 (3-2)와 같이 조건부피해확률에 가로 및 세로방향으로 표적과 탄의 패턴이 중첩될 확률의 곱으로 산출한다[14].

$$SSPD = P_{CD} \times F_r \times F_d \quad (3-2)$$

이때 간격투하시 조건부 피해확률( $P_{CD}$ )은 식 (3-3)과 같다.

$$P_{CD} = 1 - \left\{ 1 - \frac{n_r \times A_{ET} \times R}{n' \times A_P} \right\}^{n' \times n_p} \quad (3-3)$$

$n_r$  : 간격투하에서의 총 투하회수

$A_{ET}$  : 단발에 의한 유효표적면적

$R$  : 탄의 신뢰도(reliability)

$n'$  : 중복을 고려한 유효탄수

$A_P$  : 간격투하 패턴에 의한 효과면적

$n_p$  : 1회 투하당 투하된 탄의 수

또한 표적과 패턴이 공격방향으로 중첩될 확률( $F_r$ )과 수직방향으로 중첩될 확률( $F_d$ )은 식 (3-4) 및 (3-5)와 같다.

$$F_r = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) dy \quad (3-4)$$

$$F_d = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right) dx \quad (3-5)$$

$y$  : 공격방향으로의 표적 길이

$x$  : 수직방향으로의 표적 길이

$\sigma_y$  : 공격방향 표준편차

$\sigma_x$  : 수직방향 표준편차

탄의 신뢰도를 고려한 단발에 의한 유효효과면적을 탄도오차로 인하여 탄이 실제 떨어질 수 있는 면적으로 나누어 주어 단발에 의한 조건부 피해확률( $P'_{CDI}$ )을 구하면 식 (3-6)과 같다.

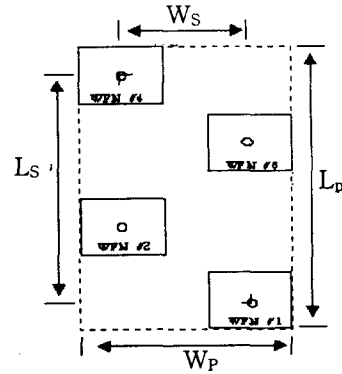
$$P'_{CDI} = \frac{(A_{ET} \times R)}{A_B} \quad (3-6)$$

$A_{ET}$  : 단발에 의한 유효표적면적

$R$  : 탄의 신뢰도(reliability)

$A_B$  : 탄도오차를 고려한 단발효과면적

식 (3-3)에서 간격투하시 조건부피해확률은 <그림 3-3>와 같은 간격투하패턴이 주어지면 탄이 떨어질 전체면적에 실제 탄의 효과가 미칠 수 있는 면적의 비로 나타낸다. 이때 탄의 효과가 중복이 될 경우를 판단해 중복효과를 보정해 줄 계수( $n'$ )를 사용한다.



<그림 3-3> 간격투하패턴

탄의 중복은 여러번 간격투하할 때 인접 투하간의 효과 중복과 1회 투하간 한 개 이상의 탄이 투하될 때 탄간의 중복으로 인해 발생할 수 있으며 중복계수는 총 투하탄수와 일발의 탄의 유효효과면적의 곱과 간격투하효과면적을 비교하여 그 값이 1보다 클 경우는 중복이 된다는 뜻이고, 1보다 작은 값일 경우 즉 간격투하패턴의 면적이 각개 탄의 효과면적의 합보다 클 경우에는 효과의 중복이 없는 것으로 보고  $n'$ 를 1로 적용하여 조건부피해확률을 구한다. 이는 식 (3-7)과 같다.

$$n' = \text{MAX} \left\{ \left( \frac{n_r \times A_{ET}}{A_P} \right), 1 \right\} \quad (3-7)$$

$A_{ET}$  : 단발에 의한 유효표적면적

$n_r$  : 간격투하에서의 총 투하회수

$A_P$  : 간격투하 패턴에 의한 효과면적

간격투하패턴에 의한 효과면적( $A_P$  : Stick Pattern Effective Area)은 <그림 3-3>에서와 같이 간격투하 패턴길이( $L_P$ )와 폭( $W_P$ )의 곱으로 나타낸다. 이때 간

격투하패턴의 길이와 폭은 다음 식 (3-8)과 같다.

$$A_P = L_P \times W_P \quad (3-8)$$

$L_P$  : 간격투하 패턴의 길이,  $L_S + L_B$

$W_P$  : 간격투하 패턴의 너비,  $W_S + W_B$

$L_B$  : 탄도오차를 고려한 단발효과 길이,

$$[(L_{ET})^2 + 8(\sigma_{br})^2]^{1/2}$$

$W_B$  : 탄도오차를 고려한 단발효과 길이,

$$[(W_{ET})^2 + 8(\sigma_{br})^2]^{1/2}$$

$L_{ET}$  : 탄약효과지수(EI)에 따른 유효면적 길이

$W_{ET}$  : 탄약효과지수(EI)에 따른 유효면적 넓이

$\sigma_{br}$  : 공격방향 탄도오차

$\sigma_{dr}$  : 가로방향(공격방향과 수직방향) 탄도오차

### 3.1.5 n 소티(Sortie) 피해율 및 소요 소티수

WinJMEM 모형을 사용할 경우 기존 데이터베이스에서 원하는 표적, 비유도무기 및 폭탄의 종류, 항공기의 정확도 등을 선택하고, 항공기 투하제원을 조합하여 실행시키면 단일소티피해율(SSPD)과 요망되는 단일소티피해율을 얻기 위해 소요되는 소티(sortie)수 혹은 패스(pass)수가 계산된다.

WinJMEM 혹은 식 (3-3), (3-4) 및 (3-5)를 이용하여 한 소티의 피해율(SSPD)이 구해지면 n 회의 소티에 의한 피해율( $P_n$ )은 n 번의 공격간 피해가 없이 안전할 확률을 이용하여 산출하며 이는 식 (3-9)와 같다. 또한  $P_n$ 의 피해를 가하기 위해 요구되는 소티수 n은 식 (3-9)의 양변을 log 값을 취해 정리하면 식(3-10)에서 n 값을 산출한다.

$$P_n = 1 - (1 - SSPD)^n \quad (3-9)$$

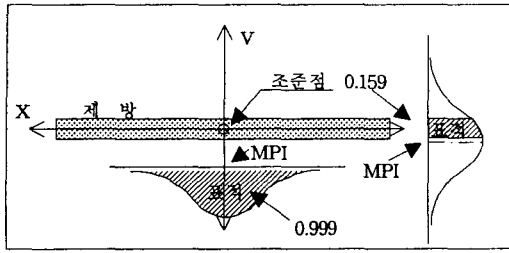
$$n = \frac{\log(1 - P_n)}{\log(1 - SSPD)} \quad (3-10)$$

이상과 같은 단일소티 이상의 피해율 산정이나 여러 건물들이 복합적으로 형성되어 있는 지역목표 혹은 가해수단의 다수 조준점에 대한 피해산정과 같은 다양한 상황에서의 피해산정은 불가하므로 별도의 계산을 위한 보조프로그램을 작성하여야 한다. 본 연구에서는 Microsoft社의 EXCEL 프로그램의 통계 함수 및 논리함수들을 이용하여 별도의 Worksheet을 작성하였다. 이는 단일소티피해율 산정논리를 적용하여 다양한 상황의 묘사를 Spreadsheet 프로그램이 계산할 수 있도록 하였으며, 민감도(Sensitivity) 분석을 위해 다양한 입력값의 변화에 따른 출력값의 변화를 쉽게 비교 판단할 수 있는 장점이 있다.

### 3.2 표적형태별 피해율 산정 방법

표적은 형태에 따라 탄이 명중할 확률이 달라지며 이를 고려한 중첩확률을 구하여 적용하여야 한다. 또한 표적은 그 구성 및 재질 등에 의해 그 취약성의 정도가 차이가 있게 되며 이러한 요소를 반영하여야 표적에 대한 실질적인 피해판단을 할 수 있다. 본 절에서는 콘크리트 건축물로 한정하여, 표적을 형태에 따라 선형표적, 지역표적(2차원) 및 고층건물과 같은 3차원 표적으로 분류하여 이에 따른 산정 방법을 제시한다.

제방, 댐, 활주로 등과 같은 선형표적의 경우, 표적의 폭에 의해 그 피해율이 정해진다고 볼 수 있다. 즉, 장변의 방향으로 명중할 확률이 충분하다고 보고 그와 직각방향 즉, 단변의 1차원방향으로 표적에 명중될 확률과 관련된 피해율 산정공식을 유도할 수 있다.



<그림 3-4> 선형 표

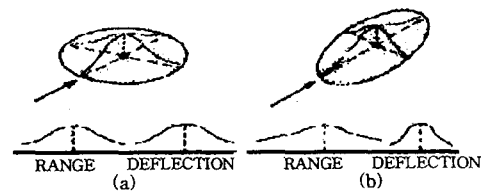
폭 50 ft의 제방 A를 예로 들면 <그림 3-4>에서와 같이 제방의 길이는 탄의 표준편차( $\sigma$ )에 비해 충분한 길이를 가지고 있으므로 표적과 패턴이 중첩될 확률은 공격방향오차에 의해 좌우된다. 실 예로 공격무기의 수직방향의 표준편차( $\sigma_x$ )가 52ft라고 할 때 제방의 길이가 400ft 인 경우 중첩확률은 0.99이며 그 이상인 경우 1에 가까운 수가 된다. 즉, 선형 표적의 경우 폭에 해당하는 1차원 방향의 중첩확률이 전체 피해율을 좌우한다는 것이다. 제방 A의 중간지점을 정확도가 평균( $\mu$ ) -26 ft, 표준편차( $\sigma_y$ ) 122 ft 인 정규분포를 가진 가해수단이 공격할 경우 제방에 탄이 떨어질 확률을 구해보면, 제방 A의 시작점과 끝점의 y축 좌표를 각각  $y_1, y_2$  라 했을 때  $y_1 = -25, y_2 = 25$  이므로 상기의 평균과 표준편차를 가진 정규분포로 주어진 구간을 적분하면 표적이 탄과 중첩될 확률이 되며, 여기에 주어진 조건부 피해확률을 곱하면 제방의 피해율이 된다.

$$\begin{aligned}
 F_r &= \text{제방 A의 공격방향 중첩확률} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \int_{y_1-\mu}^{y_2-\mu} \exp\left(-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma_y^2}\right) dy \\
 &= 0.1589
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_D &= \text{제방 A의 수직방향 중첩확률} \\
 &= 0.999 \approx 1.0
 \end{aligned}$$

조건부피해확률( $P_{CD}$ )은 식 (3-3)에 의해 0.51 이고 제방A의 단일소티피해율은 식 (3-2)에 의해 0.08 이 된다. 여기서 공격방향의 중첩확률이 0.16 으로 상당히 낮은 중첩확률을 보이고 있는 반면 세로방향의 경우는 중첩확률이 1에 가까운 수치가 나타남을 알 수 있다. 즉 선형표적의 경우에는 그 폭과 조건부피해확률이 전체 피해율을 좌우하므로 폭에 대한 중첩확률과 이때의 조건부피해확률을 이용하여 계산함으로써 전체피해율을 산출할 수 있다.

지역표적과 같이 가로 및 세로방향으로 일정규모의 크기가 주어진 표적일 경우는 1차원 방향에 추가하여 가로 및 세로방향으로 표적과 투하된 탄의 패턴이 겹칠 확률을 구한다. 이때 패턴과 표적이 중첩될 확률은 이변량 원형 혹은 이변량 타원형 정규분포를 따르며, 가로방향과 세로방향 표준편차가 동일하다면 <그림 3-5>의 (a)와 같은 원형의 이변량정규분포를, 공격방향의 편차가 수직방향 편차보다 클 경우 (b)와 같은 타원형(비원형) 이변량정규분포를 따른다고 본다.



<그림 3-5> 가로 및 세로방향 중첩확률분포

다수의 표적이 군집해 있을 경우 앞서 언급한 바와 같이 WinJMEM의 경우 인접건물의 피해를 산정할 수 없는 제한이 따르며 별도의 계산도구가 요구

된다. 이는 지역내의 각개 표적의  $SSPD_i$ 를 산출하고( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ), 이를 식(3-11)에 대입함으로써 지역표적 전체의 피해율을 산출한다.

$$SSPD = 1 - \left( 1 - \prod_{i=0}^n SSPD_i \right) \quad (3-11)$$

$$SSPD_0 = F_{r_0} \cdot F_{d_0} \cdot P_{CD_0} \quad (\text{조준목표})$$

$$SSPD_1 = F_{r_1} \cdot F_{d_1} \cdot P_{CD_1} \quad (\text{주변목표 1})$$

$$SSPD_2 = F_{r_2} \cdot F_{d_2} \cdot P_{CD_2} \quad (\text{주변목표 2})$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

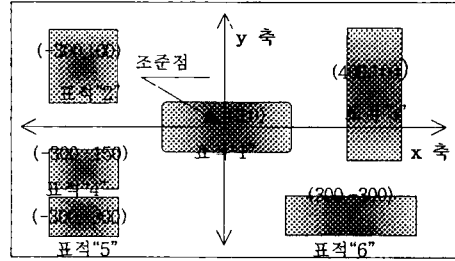
$$SSPD_n = F_{r_n} \cdot F_{d_n} \cdot P_{CD_n} \quad (\text{주변목표 } n)$$

$SSPD_i$  :  $i$  표적의 단일소티피해율

$F_{r_i}$  :  $i$  표적과 패턴이 공격방향으로 겹칠 확률

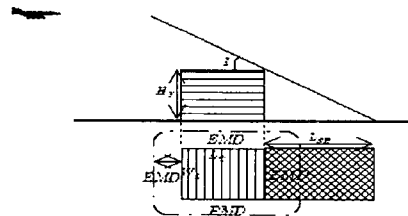
$F_{d_i}$  :  $i$  표적과 패턴이 수직방향으로 겹칠 확률  
( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ )

식 (3-12)을 이용하여 <그림 3-6> 예와 같은 동일한 재질(구성재료)의 다수 표적이 지역 내 분포되어 있을 경우 표적의 탄에 대한 파괴효과는 동일하므로 동일한 조건부피해확률을 적용하여 지역전체의 피해율을 산정할 수 있다. 하지만 재질이나 표적의 취약성이 상이한 지역표적일 경우에는 이에 합당한 각각의 조건부피해확률( $P_{CD}$ )을 적용하여 피해산정을 한다.



<그림 3-6> 지역표적에 대한 피해산정

3차원 표적인 고층건물의 경우는 높이방향의 요소를 유효표적면적에 반영하여야 한다. 그러므로 이러한 높이방향의 요소를 평면인 지면으로 환산하여 2차원표적과 동일한 방법을 적용할 수 있다. 즉 유효명중거리( $EMD$ )와 표적의 크기를 탄의 충격각도와 삼각함수를 적용해 건물을 지상 면의 면적으로 환산하여 건물의 피해를 산정 한다. [그림 3-7]에서와 같이 탄착각도(impact angle)  $I$  로 높이  $H_T$ , 폭  $W_T$  인 건물을 공격할 경우, 표적의 유효 효과면적( $A_{ET}$ )은 건물의 높이로 인한 그림자효과요소( $L_{SH} = H_T / \tan I$ )를 반영하여 식 (3-13)과 같이 나타낼 수 있으며, 이를 반영한 조건부피해확률( $P_{CD}$ )을 산출한다[14].



<그림 3-7> 고층건물의 유효효과면적

4) Effective Miss Distance or Lethal Miss Distance



$$A_{ET} = (L_T + 2EMD)(W_T + 2EMD) + W_T \times (L_{SH} - EMD) \quad (3-13)$$

다음 <그림 3-8>은 고층건물의 경우 그 높이를 환산한 후 피해율을 적용한 예이다. 여기서 높이를 적용하지 않은 경우는 0.20, 건물높이를 적용한 경우는 0.32로 고층건물의 높이를 고려한 경우가 그 피해가 증가함을 알 수 있다.

입력 및 출력값	구분	정확도	표적번호	EI	SSPD
REP	REP	52	P	0.20	0.20
DEP	DEP	47	S	0.32	0.32

표적 번호 (2)	표적물 의뢰	수직침투 (x축)	가로침투 (y축)	표적높이 (feet)	재고침투 (feet)	높이 (feet)
0	0	0	0	40	40	0
2	20	-50	80	40	40	77
3	80	70	80	80	80	115
4	-50	70	80	80	80	95
5	60	-60	80	40	40	26

<그림 3-8> 고층건물의 피해산정 결과

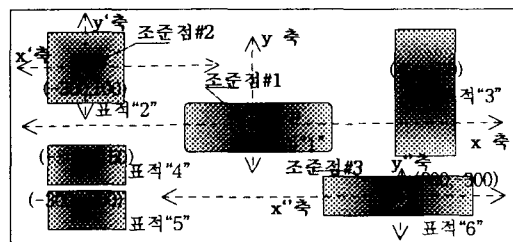
### 3.3 가해수단별 피해율 산정 방법

현재 사용되고 있는 탄약효과교범은 우리 측 공격 수단에 의한 적의 피해를 판단하고 소요되는 무장정도를 사전에 판단하고자 하는데 이용되고 있다. 피·아의 공자와 방자를 바꾸어 평가하기 위해서는 가해수단의 정확도(CEP, REP, DEP)와 탄의 효과(EI)를 상호 비교하여 그 효과가 동일한 무기체계를 선정하여 적이 아측 표적을 공격할 때의 피해율 산정에 적용한다.

적 공대지무기의 무기효과지수는 지금까지는 일반 목적 폭탄(GP bomb)으로 미군의 MK-82 550파운드 폭탄자료를 적용하고 탄의 신뢰도 및 탄도오차는 각각 0.95와 5 mil을 사용하고 도탄률은 0%로 산정하였다. 단일 표적의 경우 WinJMEM 모형에서 기존

<그림 3-9> 多數조건점 피해판단 Worksheet

의 데이터베이스를 활용하여 해당 표적과 적공격수단과 동일성능의 무기체계를 선정 후 단일스티 피해율(SSPD)을 산정한다. 하지만 이는 극히 한정된 표적과 공격수단에 의한 것이므로 그 결과값의 활용면에서 제한을 가지고 있다. 그러므로 무기효과지수(EI)를 구하기 위하여 JAWS모형의 EI D/B와 탄의 중량을 회귀분석(Regression Analysis) 및 상관분석(Correlation Analysis)을 통해 산출한 후 이를 [그림 3-9]와 같이 별도로 짜여진 피해산정모형에 표적의 (x, y) 좌표 및 크기, 무기체계 관련자료 등을 입력하여 지역표적의 SSPD를 산정 한다.



<그림 3-10> 多數 기준점에 대한 피해율 산정

또한 항공기 공격의 경우 <그림 3-10>과 같이 다수 기준목표에 대하여 동시 공격이 가능하므로 이를 반영하기 위해서는 다수 목표에 대한 각각의 기준점

을 하나의 좌표 원점에서 각각 표적이 위치한 좌표 만큼 이격된 새로운 좌표체계를 적용하여 각각의 피해를 산정 한다. m 대의 항공기가 각기 지역내 다른 목표물을 동시에 공격할 경우 피해율(SSPD)은 식 (3-14)를 이용하여 계산한다.

$$SSPD = 1 - [(1 - SSPD_1)(1 - SSPD_2) \dots (1 - SSPD_m)] \quad (3-14)$$

지대지 모델의 전산화된 자료는 현재 부재하며 공대지 논리와 비교해 보면, 지대지 무기효과체계의 SQ2 모형은 표적지역에 사탄이 탄착하였다는 가정하에 사탄형태가 덮을 수 있는 살상지역 가운데 실제 사탄이 가할 수 있는 치사면적을 비교하여 치사 확률을 계산하고, 일제사의 탄착형태가 표적지역을 사거리 상으로 덮을 수 있는 비율과 편각 상으로 덮을 수 있는 비율을 이용해 표적지역의 피해비율 ( $\overline{F_D}$ )을 산정 한다. 이는 식 (3-15)과 같다[5].

$$\overline{F_D} = EC_R \cdot EC_D \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{N_R \cdot r_R \cdot A_L}{A_{VP} \cdot OF} \right)^{N_V \cdot OF} \right\} \quad (3-15)$$

- $N_R$  : 일제사 발수
- $r_R$  : 사탄의 신뢰도
- $A_L$  : 한 발의 예상치사면적
- $A_{VP}$  : 일제사의 탄착형태 살상 또는 파괴면적
- $OF$  : 중복효과인수
- $EC_R$  : 탄착형태가 사거리 상으로 덮을 비율
- $EC_D$  : 탄착형태가 편각 상으로 덮을 비율

이는 공대지 논리인 식 (3-2)와 (3-3)과 비교해

볼 때 공대지의 단일소티피해율(SSPD) 산정 논리와 유사함을 알 수 있으며 공대지 논리에 의해 피해율을 산정하되 표적에 대한 취약성 판단과 가해수단의 폭약중량을 비교하여 무기효과지수를 산출해 내고 무기체계가 가지고 있는 정확도(REP, DEP)에 의해 탄착형태가 표적을 덮을 확률을 구하여 표적의 피해율을 산출한다. 여기서 공대지와는 달리 탄이 탄착 중심으로부터 8 표준편차( $\sigma$ ) 혹은 6 표준편차( $\sigma$ )에 떨어진다고 보는 관점의 차이가 있을 뿐 그 논리는 동일함을 알 수 있다.

Weight	Range
1,700	1,100
2,700	2,700
6,000	6,000
12,000	12,000
5,100	5,100
2,000	2,000

<그림 3-11> 무기효과지수(EI Lookup)

무기효과지수 값은 <그림 3-11>과 같이 JAWS의 Options 메뉴의 EI Lookup 세부메뉴에서 표적과 일반탄의 조합을 통해 기존의 구축된 자료로부터 획득하거나 이것이 불가하면 탄의 중량과 EI값의 회귀분석을 통한 추정치를 사용한다. 170mm 야포의 경우 탄의 단위중량 (TNT 99Kg)과, REP 290 ft, DEP 16 ft 라고 가정하면, 무기효과지수(EI)를 산출하고 이를 이용해 치사확률을 구한다. 다음으로 무기체계의 정확도(REP, DEP)를 이용하여 일제사의 탄착형태가 표적지역을 사거리 상으로 덮을 수 있는 비율( $EC_R$ )과 편각 상으로 덮을 수 있는 비율( $EC_D$ )을 각각 구한 후 이를 식 (3-13)에 대입하여 표적지역의 피해비율 ( $\overline{F_D}$ )을 구한다.

<표 3-1> 포병공격 주요 입력·출력자료

입력 자료	출력 자료
• 표적의 위치 : (x,y)좌표	• 일제사 파괴면적
• 표적의 크기:가로,세로,높이	• 사거리/편각상 중첩비율
• 일발치사면적	• 살상률
• 정확도 : REP, DEP	• 중복효과인수
• 일제사 발수	• 주변시설의 피해율
• 사탄의 신뢰도	• 요구 소티수

주요 입력 및 출력자료는 <표 3-1>에서 보는 바와 같으며 <그림 3-12>는 가상의 지역표적 내에 있는 개별표적들에 대한 피해 산정과정을 Worksheet가 계산해 준 결과를 나타내고 있다.

표적 번호	표적 크기 (가로x세로x높이)	표적 위치 (X,Y)	사거리/편각상 중첩비율	일발치사면적	정확도	일제사 발수	사탄의 신뢰도	일제사 파괴면적	중첩비율	중복효과인수	살상률	주변시설 피해율	요구 소티수
1	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
2	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
3	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
4	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
5	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
6	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
7	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
8	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
9	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
10	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
11	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
12	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
13	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
14	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
15	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
16	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
17	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
18	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
19	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
20	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
21	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
22	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
23	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
24	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
25	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
26	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
27	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
28	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
29	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
30	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
31	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
32	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
33	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
34	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
35	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
36	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
37	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
38	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
39	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
40	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
41	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
42	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
43	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
44	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
45	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
46	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
47	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
48	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
49	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1
50	50x50x10	500, 500	0.50	0.50	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1

<그림 3-12> 포병사격에 의한 피해산정

#### 4. 결과분석 및 활용방안

다음은 피·아 무기효과 비교, 그리고 WinJMEM 모형을 보조하는 프로그램이 논리에 의해 표적에 대한 피해정도를 잘 반영하는가의 적절성 여부와 이를 통한 활용방안에 대하여 분석한다.

##### 4.1 결과 분석

###### 4.1.1 폭약량과 EI값의 회귀(Regression)분석

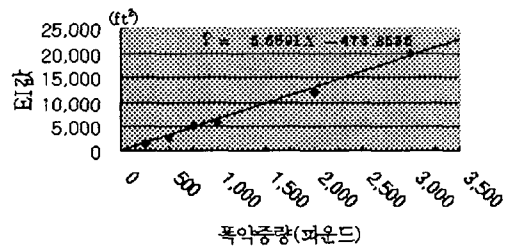
콘크리트 건물에 대한 일반탄의 무기효과지수 값

을 산정하기위해 폭탄의 중량을 독립변수로 무기효과지수(EI)를 종속변수로 두고 회귀분석을 통해 다음과 같은 회귀방정식(Regression Equation)을 얻는다.

$$\hat{Y}_i = 6.6591 X_i - 473.8636 \quad (4-1)$$

여기서  $X_i$  : 독립변수(폭탄의 중량)

$Y_i$  : 종속변수(무기효과지수)



<그림 4-1> 폭약중량과 EI 값의 회귀분석

이들의 상관계수와 결정계수를 알아보면 <표 4-1>에서와 같이 각각 "1" 에 가까운 값을 알 수 있다. 이는 선형의 정의 상관관계를 나타내며 또한, 폭약의 중량이 EI 값의 변동을 결정한다고 볼 수 있는 것이다.

<표 4-1> 회귀분석통계량

통 계 량	
다중 상관계수	0.9972
결정계수	0.9944
조정된 결정계수	0.9930
표준 오차	584
관측수	6

단지 실험데이터의 관측수가 제한되어 그 적용의 한계를 가지고 있지만 현재로서는 피·아의 가해수단을 평가할 수 있는 유일한 방법이라 할 수 있다.

#### 4.1.2 표적위치변화에 따른 민감도(Sensitivity)분석

다음은 각기 다른 다수의 복합 표적(표적크기, 무기효과지수, 조건부피해율이 상이한 경우)의 피해산정 방법이 올바르게 나타나는지 EXCEL을 활용한 결과에 몇 가지의 입력자료 변화를 통해 결과값을 비교분석해 본다. 그 한 예로서 동일한 크기의 표적이 <그림 4-2>와 같이 조준점 부근에 밀집한 경우와 중심에서 이격되어 소산된 경우의 좌표를 각각 입력해 보면 그 피해율이 감소되었음을 알 수 있다.

입력 종류	구분	표적도	표적면적	EI	비율
복합표적	REP	REP	52	P <sub>11</sub>	0.16
	REP	REP	47	SSFD	0.09

표적 번호	표적 중심점 좌표 (X, Y)	표적 크기 (m)	무기 효과지수 (%)	조건부 피해율 (%)	기공 가치 (%)	비율 (%)
1	0, 0	50	30	30	20	10
2	50, -100	50	40	30	30	10
3	70, 100	50	50	10	50	10
4	-70, 120	50	50	10	10	10
5	150, -250	50	50	10	10	10

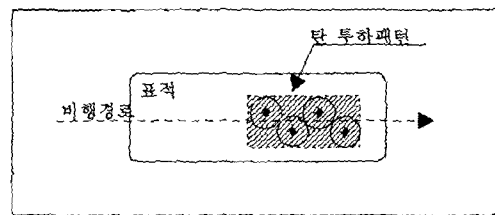
<그림 4-2> 분산정도에 따른 비교 결과

이는 각종 군사시설의 위치선정이나 부대 숙영지 편성간에 적 공격으로부터의 피해를 최소화하기 위해서는 충분한 소산을 하여야 한다는 것을 통해 익히 알고 있으며 EXCEL의 계산결과가 이를 잘 반영해주고 있음을 판단 할 수 있다. 또한 하나의 탄착점으로부터 주변의 각개표적의 피해율을 확인함으로써 하나의 탄착점에서 얼마만큼의 거리에 있어야만 피해가 발생하지 않는 지에 대한 연구가 가능하다는 의미를 내포하고 있다.

#### 4.1.3 대형표적의 조건부 피해확률

규모가 대형화되어 가고 있는 건물들의 경우 彈着效果가 상대적으로 표적에 비해 작은 경우 하나의 패턴이 형성하는 무기효과면적이 표적에 비해 작을

경우에는 간격투하시 조건부피해확률은 <그림 4-3>의 간격투하 효과면적( $A_p$ )대신에 표적의 실제크기( $A_T$ )를 적용하여 표적 전체면적에 탄의 효과가 미칠 면적으로 조건부피해확률을 구하여야 한다. 이는 전체 표적의 크기면적 중에서 실제 피해를 입힐 수 있는 실제 효과면적을 나타내는 비율로서 식 (4-2)를 사용하여 면적에 대한 피해 판단을 한다.



<그림 4-3> 대형 표적과 간격투하패턴

$$P_{CD} = 1 - \left\{ 1 - \frac{(n_r \times A_{ET} \times R)}{(n \times A_T)} \right\}^{(n \times n_p)} \quad (4-2)$$

$A_T$  : 표적의 크기(면적)

$n_r$  : 간격투하에서의 총 투하회수(Release Pulse)

$A_{ET}$  : 단발에 의한 유효표적면적

$R$  : 탄의 신뢰도(reliability)

$n$  : 중복을 고려한 유효탄의 보정계수

$$\text{MAX} \left\{ \left( \frac{n_r \times A_{ET}}{A_T} \right), 1 \right\}$$

$n_p$  : 1회 투하당 투하된 탄의 수

#### 4.2 활용방안

본 연구의 내용들은 군사 혹은 비군사 분야에 다각적으로 활용이 될 수 있다.

비군사 분야의 경우 워게임 결과에 의해 적 가해 수단 및 공격량을 판단한 후 해당 지역 혹은 필요한

주요표적에 대한 피해판단을 함으로서 비상시 복구 자원판단 및 복구계획수립의 기준이 될 수 있으며, 각종 정부 훈련간 상황부여를 위한 기본 자료로 활용될 수 있다. 주요 생산시설의 경우 시설내의  $n$  개의 각개표적  $i$  에 대해 ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 각각의 기능이 전체 생산에 미치는 기능기여도를  $\beta_i$  라고 했을 때 비상시 피해정도에 따른 생산능력을 판단할 수 있다. 예로서 지역내 하나의 표적“ $i$ ”가 피해를 받을 시 전체의 생산기능이 마비가 된다면 그 해당표적의 기능기여도는 100% 로  $\beta_i = 1.0$  으로 산정하며 생산시설의 기능피해율과 평균 복구소요일은 식 (4-3)과 식 (4-4)와 같이 나타낸다.

$$\text{기능피해율} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - SSPD_i \cdot \beta_i) \quad (4-3)$$

$$\text{복구소요일} = \sum_{i=1}^n i \text{ 표적 완파시 복구소요일} \times SSPD_i \quad (4-4)$$

$\beta_i$  : 표적  $i$ 의 기능기여도

$SSPD_i$  : 표적  $i$ 의 피해율

피해는 해당 시설의 기능을 기준으로 할 수 있으며 또한 재산 즉 재화를 기준으로 판단할 수 있다. 다음 [그림 4-4]는 기능피해 혹은 재산피해, 복구소요일을 산정할 수 있도록 Spreadsheet를 통해 산정한 예이다. 이는 지역 내 시설 전체의 기능 혹은 재산과 해당 각개 시설 “ $i$ ”의 기능 혹은 재산 비율을 산정한 후 그 해당 각개시설의 피해( $SSPD_i$ )를 반영하여 지역 내 전체의 기능 및 재산피해를 산출한다. 또한 이러한 피해를 입을 경우 평균 복구소요일은 완파시의 복구소요일에서 해당 피해율에 비례한 피해복구소요일로 나타낸다.

표적번호	E1	기능피해	13.23
148	P <sub>1</sub>	재산피해	8.84
82	SSPD	복구소요	3.28

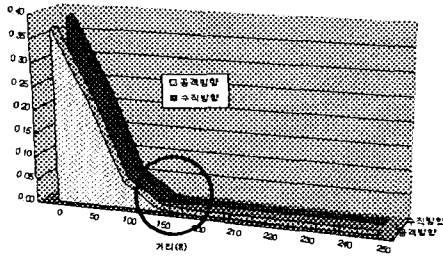
  

표적크기	기능기여	재산비율	완파시 복구소요일	공격발발 중요도	수소발발 중요도	기능피해	재산피해	복구소요	SSPD
(미터)	(미터)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(일)	
350	200	40	20	10	0.76	0.50	12.19	8.09	3.05
200	200	30	10	5	0.09	0.41	0.84	0.28	0.028
150	350	10	90	1	0.01	0.66	0.07	0.35	0.01
200	150	5	5	2	0.09	0.24	0.08	0.08	0.017
200	150	5	5	3	0.09	0.06	0.02	0.02	0.01
350	150	3	1	4	0.20	0.06	0.03	0.01	0.009

<그림 4-4> 기능 및 재산피해 산정 결과

군사분야의 경우는 주요 군사시설의 피해판단과 전술교량의 긴급복구계획 수립을 위한 복구소요자재 및 건설인력 혹은 장비판단의 기준으로 활용할 수 있으며, 군비행장 피해의 경우 예상 적 공격량 판단을 통한 긴급복구 소요자원 산출과 복구소요일정에 따른 예비계획을 수립하는 등의 전시대비업무의 참고자료로 활용이 가능하다. 또한 병영시설 신축을 위한 건물의 배치계획 수립시 시공조건, 건물의 이용 등 기타의 요구조건이 동일하다고 판단될 때 적으로부터 받을 수 있는 피해가 최소인 방안을 선택할 수 있다. 또한 각종 훈련시 숙영시설 편성 혹은 행군대형 편성간 지금까지의 개념적인 소산의 한계를 넘어 수치화 해보고, 이를 훈련을 위한 위게임 입력자료로 혹은 의사결정의 한 요소로 적용함으로써 적으로부터 피해를 최소화하는 방안을 도출해 내는 데 사용할 수 있다.

[그림 4-5]는 건물이나 숙영지의 배치 및 설치간 얼마의 건물간 혹은 해당 표적간 안전거리를 확보해야 인접 건물에 동시 피해가 없는 지를 조준위치로부터 위치좌표를 증가해 가면서 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 한 결과이다. [그림 4-5]에서 150 ft 이상에서는 공격방향 및 수직방향으로 탄이 중첩될 확률이 0의 값에 근접하여 피해율은 0에 가까워짐을 알 수 있다.



[그림 4-5] 공격/수직방향 안전거리 판단

이는 군사기지나 탄약고 등 주요시설의 배치시 부지여건이나 건축비용 등의 요소에 추가하여 인접시설 피폭시 안전거리요소를 반영하여 시설배치계획을 수립할 수 있다는 것이다. 즉 주요시설간 최소한의 이격거리를 분석하므로써 시설배치계획시 건물간 간격설정 기준자료로 활용 할 수 있다.

## 5. 결 론

미래를 내다보고 합리적인 피해율을 판단하기 위해서는 계산상의 난재와 적 공격양상 판단 및 가해수단의 할당 등 다양한 변수가 산재해 있는 것이 사실이다. 이러한 다양한 가정사항의 제한사항을 극복하고 미래를 예측하기 위해서는 많은 OR/SA 기법들이 적용된다.

본 논문에서는 합동탄약효과교범의 Database와汎用(General-Purpose) 소프트웨어인 Spreadsheet Package를 이용하여 회귀분석(Regression Analysis) 및 상관분석(Correlation Analysis)을 통해 적의 가해수단별 무기효과지수(EI)를 추정하고, 적공격수단에 대한 폭약량과 정확도 D/B 정보를 통하여 조건부피해확률(Conditional Probability of Damage)을 산출하고, 탄의 효과와 표적이 중첩될 비율을 원형

혹은 타원형의 이변량정규분포(Bivariate Normal Distribution)를 통해 산정함으로써 해당 시설물 혹은 목표의 피해율을 산정하였다. 이는 결과분석에서 표적의 분산정도에 따라 0.16과 0.09의 피해율을 얻는 것 등을 통해 산정논리를 검증한바 있다.

이러한 연구가 좀더 내실화되기 위해서는 보다 구체적이고 신뢰성 있는 자료수집이 무엇보다 중요하며 전국 및 지역별 피해산정을 위해서는 미래전의 양상과 한반도 안보환경변화를 반영하는 전쟁모의/시뮬레이션 기법의 지속적인 개발이 요구된다. 또한 적 가해수단별 각종 무기효과 적용을 위한 정보수집과 자료 및 실험 데이터의 관리, 피·아 무기효과와의 비교 및 적용방법 등이 지속적으로 연구가 되어져야 할 것이다. 이러한 연속적이고 체계적인 연구를 지속하기 위해서는 政府 혹은 軍 차원의 지속적인 관심과 해당 전담부서의 운용 및 전문인력 양성 등이 요구되며 이를 바탕으로 미래의 불확실성을 준비한다면 어떠한 위기도 극복 할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 국방군사연구소, "한국전쟁피해 통계집", 국방군사연구소, 1996
- [2] 국방부, "전시 피해율 산정 자료", 국방부, 1987
- [3] 국방정보본부, "북한군 무기체계 성능 자료집", 국방정보본부, 1999
- [4] 김충영 외, "군사운용분석의 이론과 실제", 국방대학교, pp.141-220, 1996
- [5] 김충영, "무기체계분석론", 국방대학원, pp.378-417, pp.259-288, 1989
- [6] 박재하 외, "전시 피해율 산정 연구", 한국국방연구원, 1985, 1986

- [7] 비상기획위원회, "피해율 산정 기준표", 비상기획위원회, 1987, 1996, 2002
- [8] 서정해 외, 전시 피해율 및 소모율 산정 연구( I )  
-전시소요이론 및 방법론, 한국국방연구원,  
pp.49-59, pp141-179, 2000
- [9] 서정해 외, "해·공군 전시 피해율 산정", 한국국방연구원, 1998
- [10] 오경조 외, "피해율 산정 연구", 한국국방연구원,  
1981
- [11] 육군본부, "K-2000 전시자원소요 연구", 육군본부,  
1999
- [12] 이상현, "국방경영 정책연구", 한국군사운영분석학회, pp.48-91, 1998
- [13] 전병완 외, "군사분야 전시 피해손실을 판단", 한국국방연구원, 1988.
- [14] JTCG/ME, "JMEM/AS Weaponeeing System", Army Material System Analysis ,  
May 1996
- [15] JTCG/ME, "JMEM Basic Effectiveness Manual", Army Material System Analysis , 1996
- [16] JTCG/ME, "JMEM RED-ON-BLUE MANUAL", Army Material System Analysis ,  
1989, 1995
- [17] JTCG/ME, "Derivation of JMEM/AS Open-End Methods", Army Material System  
Analysis , 1983