

무기체계 3차원 건물표적에 대한 간이 파괴효과분석 방법론 연구

박진호 · 최상영 · 김영호*

A Study on Simple Methodology of Destruction Effects Analysis 3 Dimensional Building Target's by Weapon Systems

Jinho Park · Sangyeong Choi · Yeongho Kim*

ABSTRACT

In order to use missiles more effectively, assessing methodologies was advanced about weapon effects for various target types. We tried to find out the most effective analysis methodologies for missiles to attack 3 dimensional building target's and analyzed adaptedness as an assessing methodology. There are EFD (Expected Fractional Damage) and SSPD (Single Sortie Probability of Damage) methodologies to assess building target damage. In order to calculate effectiveness we used input parameter such as size of the target and CEP (Circular Error Probable), MAE_bldg (Mean Area of Effects for Building) of weapons and impact angle as encountering condition between the target and the missile. We compared EFD and SSPD, in order to analyze adaptedness as a effective methodology by CEP and MAE. The result was that EFD methodology was more adaptive to assess 3 dimensional building targets by missile systems than SSPD.

Key words : EFD, SSPD, MAE, CEP

요약

무기체계를 보다 효과적으로 사용하기 위해 다양한 표적 유형별로 무기효과 평가방법이 발전되었다. 본 연구에서는 3차원 건물표적에 대한 공격시 파괴효과를 평가할 수 있는 가장 효과적인 방법론을 찾고자 하였다. 가능한 건물표적에 대한 파괴효과 평가 방법에는 기대손실파괴확률(EFD)과 단발명중파괴확률(SSPD)이 있다. 여기에 건물표적의 크기, 무기체계 원형공산오차(CEP), 건물평균유효파괴면적(MAE_bldg), 건물표적과 유도무기 조우조건인 입사각을 입력변수로 하여 무기체계의 파괴효과를 계산하였다. 무기체계 특성 CEP와 MAE_bldg의 변화에 따른 EFD와 SSPD 결과를 비교하고 입사각의 변화량과 표적건물 높이에 따른 파괴효과를 비교함으로써 3차원 건물표적에 대한 적합성을 분석하였다.

주요어 : 기대손실파괴확률(EFD), 단발명중파괴확률(SSPD), 평균유효파괴면적(MAE), 원형공산오차(CEP)

1. 서론

1.1 연구목적

본 연구에서는 유도무기에 의한 건물표적 파괴효과분석을 위한 최적 방법을 제시하고자 한다. 이와 같은 파괴효과분석 결과는 중심표적 처리시 타격효과를 예측하거

나 전력소요기획 또는 무기체계 개발시에도 활용할 수 있다. Fig. 1과 같이 중심표적 처리시 타격효과 예측을 위해 유도무기 원형공산오차(CEP)¹⁾, 평균파괴효과면적(MAE_bldg)²⁾과 표적크기 등으로 부터 건물표적 파괴시 피해를 예측할 수 있다. 이렇게 분석한 결과는 작전계획 수립시

Received: 7 July 2015, **Revised:** 13 September 2015,
Accepted: 16 September 2015

***Corresponding Author:** Jin-Ho Park
E-mail: pjh8065@hanmail.net
Ajou University

- 1) 원형공산오차(CEP : Circular Error Probable) : 사격능이 있는 무기체계 성능 중 정확도를 측정 할 수 있는 척도로 일반적인 오차는 정규분포의 평균과 분산으로 정의하지만 조준점 또는 탄착점 중심으로부터 탄착점들의 50%가 분포하는 거리까지의 반경을 의미함.
- 2) 평균파괴효과면적(MAE_bldg : Mean Area of Effect for Building) : 화력 무기체계 탄두 성능으로 표적유형별 살상 혹은 파괴효과가 미치는 면적이 며 특히 건물에 대한 파괴효과면적을 의미함.

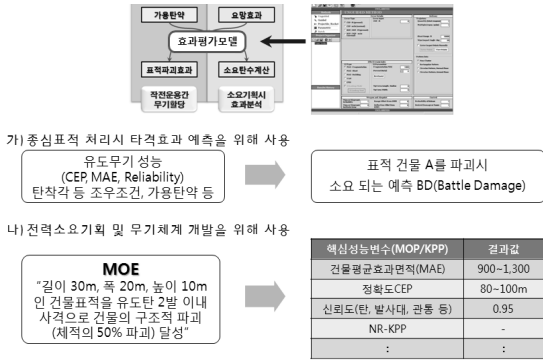


Fig. 1. Usage of methodology^[1]

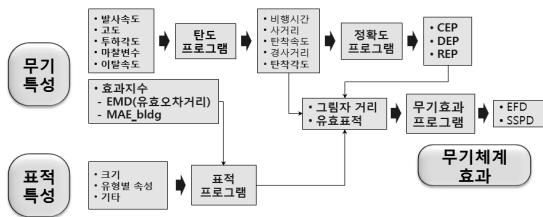


Fig. 2. Process of the weapon effects analysis^[1]

활용할 수 있으며 반대로 전력소요기획시 표적에 대한 요망효과로부터 핵심성능을 도출하여 군사적 요구를 무기체계 개발에 직접 반영할 수 있어 보다 신속하고 합리적으로 무기체계를 획득할 수 있을 것이다.

무기체계 파괴효과는 Fig. 2와 같이 무기체계와 표적 특성으로부터 도출해야한다.

무유도 무기체계는 발사속도, 고도, 투하고도, 마찰변수 등을 탄도계산 알고리즘에 적용하고 비행시간, 사거리, 탄착속도를 계산해야 정확도를 계산할 수 있다. 그러나 INS/GPS(Inertial Navigation System / Global Positioning System)처럼 항법유도방식을 적용하는 무기체계는 관성항법장치에 GPS정보를 융합보정하므로 별도의 탄도 계산이 필요 없고 종말에 형성되는 원형공산오차(CEP)를 무기체계 정확도로 직접 활용할 수 있다^[2].

1.2 기존연구결과

건물표적에 대한 파괴효과분석에 대한 기존연구는 Moris Driels에 의해 2004년도 파괴효과를 SSPD에 의한 분석방법을 제시 하였다. 당시 표적을 점표적으로 가정하여 파괴확률을 계산했었는데 유도무기체계로 3차원 건물표적 파괴효과 분석시 점표적에 대한 효과분석방법인 SSPD를 적용하였으나 표적크기 보다 작은 면적의 MAE를 갖는 소

형무기체계는 탄두위력이 변경되어도 파괴효과가 변경되지 않는 문제를 식별한 바 있다^[3]. Moris Driels는 건물표적을 면적표적으로 고려해서 계산하는 EFD^[4] 방법을 대체하여 제시하였다. 이때 기존 SSPD 방법과 EFD방법 간 비교분석이나 적정성에 대한 검토 등의 연구는 부재하였다.

1.3 연구방향 및 범위

본 연구 방향은 기존연구 결과 건물표적에 대한 간편 파괴효과분석 방법인 SSPD방법과 EFD방법 중 건물표적 파괴효과분석에 적합한 방법을 비교분석하여 선택 하고자 한다. SSPD는 점표적 즉, 특정 지점에 대한 단일무기체계의 파괴확률을 계산하는 방법으로 건물표적의 50%가 파괴될 확률을 의미한다^[5]. 한편 EFD는 면적표적 효과분석방법으로 결과값이 0.7인 경우 표적 건물에 대한 구조적 파괴가 발생하는 부분이 전체 표적면적 대비 70%라는 의미로 상식적으로 건물의 30~50%가 파괴되면 건물 기능을 상실한다고 판단하고 있다^[4]. 따라서 결과 값과 해석은 상이할 수 있지만 각각의 결과를 건물표적 파괴효과분석을 위해 활용 가능한지를 정확도와 파괴위력에 대한 민감도, 건물의 크기와 건물높이 탄착각도 등 건물표적 파괴 특성에 따른 민감도 분석을 통해 적합성을 분석하고자 한다. 본 연구시 입력값으로 사용되는 데이터는 모두 가정된 값이다.

2. 표적파괴효과 모델링

2.1 3차원 건물표적 파괴효과분석 방법론

건물표적은 파편효과 보다 폭발효과가 결정적이다. 표적파괴효과면적의 길이, 폭(L_{ET}, W_{ET})은 표적의 길이, 폭(L_A, W_A)과의 관계에 있어 다음 Fig. 3의 Case 1, Case 2

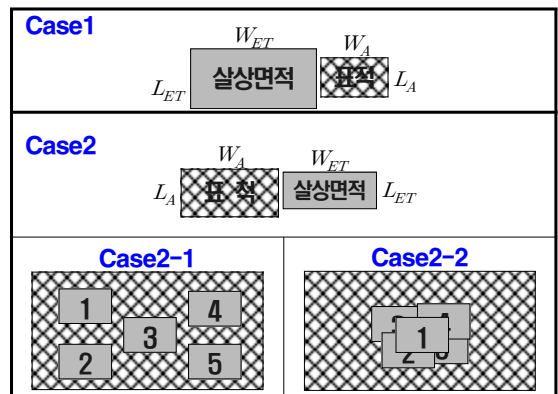


Fig. 3. Target and weapon lethality

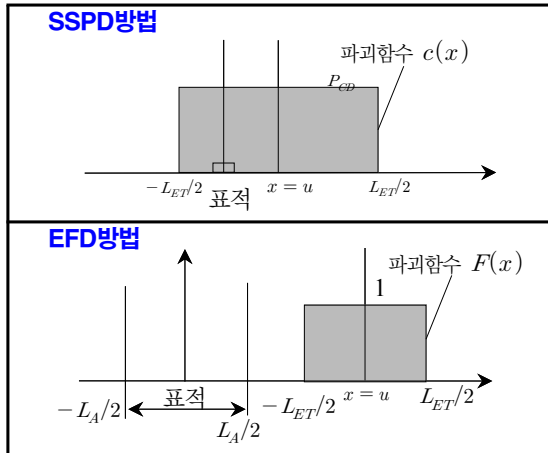


Fig. 4. SSPD & EFD damage model concept

구분	SSPD	EFD
기본 모델	$SSPD = \int_{-\infty}^{+\infty} c(x)g(x)dx$	$EFD = \int_{-\infty}^{+\infty} F(x)g(x)dx$
정확도 모델	$g(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right]$	$g(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right]$
손실 모델	$-\frac{L_{ET}}{2} < x < \frac{L_{ET}}{2}$ 면 $c(x) = P_{CD} = 1,$ 기타 $c(x) = 0$	$F(x) = \begin{cases} 1, & -t < x < t \\ \frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} + \frac{x}{L_A}, & -s \leq x \leq -t \\ \frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} - \frac{x}{L_A}, & t \leq x \leq s \\ 0, & \text{기타} \end{cases}$
적용	1:1 교전, 표적면적이 작아 무시할 수 있는 경우	1:다 교전, 표적면적이 커서 무시할 수 없는 경우

Fig. 5. Compare SSPD and EFD method

처럼 2가지 경우가 발생할 수 있다. 이때 Case 1과 같이 표적 크기에 비해 파괴효과 면적이 크다면 단발로 요망효과 달성이 가능하나 Case 2와 같이 반대로 표적 크기가 파괴효과면적 보다 크면 요망효과 달성이 어려워 다수 탄을 사용해야한다. 다수 탄을 사용하는 경우 Case2-1과 같이 조준점을 표적에 고르게 탄착되는 경우와 Case2-2와 같이 동일 조준점을 적용하여 탄착점이 중복되는 경우가 발생할 수 있는데 이와 같은 2개의 경우 동일 표적에 동일한 탄을 사용해도 파괴효과는 상이할 것이다.

파괴효과분석방법 SSPD와 EFD를 구체적으로 폭풍효과 중심으로 비교하면 Fig. 4와 같이 SSPD는 표적지점에 파괴함수가 중복될 확률이지만 EFD는 표적 길이에 파괴함수가 중복될 확률이 된다. SSPD는 표적 크기가 변해도 파괴효과에 영향을 주지 못하지만 EFD는 표적 크기가 변

하면 파괴효과에 영향을 준다.

이렇게 SSPD와 EFD는 Fig. 5에서와 같이 기본모델이 동일 하지만 손실모델을 적용할 때 SSPD는 파괴효과 범위 내에서 균일한 일양분포를 적용한 반면 EFD는 파괴효과면적과 표적면적의 중첩 정도를 적용하는 차이가 있다.

즉, SSPD는 표적을 지점으로 모델링하지만 EFD는 표적을 면적이 있는 지역으로 고려하기 때문에 그 차이가 발생한다.

2.1.1 유효파괴확률(EFD)^[4] 방법

EFD는 다음과 같이 정확도와 손실함수간 관계가 있다.

$$EFD = \int_{-\infty}^{+\infty} F(x)g(x)dx, \quad g(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right]$$

EFD는 Fig. 7과 같이 표적크기와 무기특성의 정확도로부터 사거리, 편각 오차를 계산하고 표적과 탄의 위력에 따라 표적취약성을 계산 후 이를 통해 EFD를 계산한다.

2.1.1.1 탄착 정확도(Delivery accuracy)

CEP는 서론에서 정의한 $P(0 < r < CEP) = 0.5$ 로 계산된다. 따라서

$$P(0 < r < CEP) = \exp\left[-\frac{0^2}{2\sigma^2}\right] - \exp\left[-\frac{CEP^2}{2\sigma^2}\right] = 1 - \exp\left[-\frac{CEP^2}{2\sigma^2}\right]$$

$$0.5 = 1 - \exp\left[-\frac{CEP^2}{2\sigma^2}\right], \quad CEP = 1.1774\sigma$$

$$REP = Z \times \sigma_x = 0.6745\sigma_x, \quad DEP = Z \times \sigma_y = 0.6745\sigma_y \text{ 이므로 } CEP = 1.1774 \frac{REP}{0.6745} = 1.7456 REP \text{ 이다.}$$

여기서 $REP = DEP = 0.573 \times CEP$ 가 된다. 먼저 무기체계의 CEP_normal³⁾을 적용해서 다음처럼 REP_ground와 DEP_ground를 산출할 수 있다.

$$REP_ground = \frac{0.573 \times CEP_normal}{\sin(\text{imp_ang})}$$

$$DEP_ground = 0.573 \times CEP_normal$$

2.1.1.2 표적취약성(Target lethality)

Fig. 6에서와 같이 건물표적은 높이가 있고 이 높이가

3) CEP에는 직사화기 조준점의 수직면에 형성되는 원형공산오차 "CEP_normal"과 곡사화기의 탄착 지표면에 형성되는 원형공산오차 "CEP_ground"가 있다.

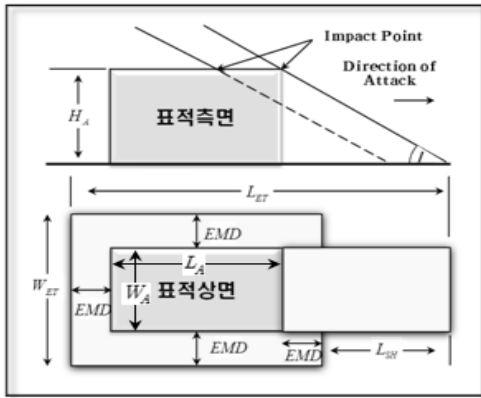


Fig. 6. Building height and lethality

탄의 궤적 범위에 포함되면 건물 높이에 따른 파괴효과가 발생한다.

한편 건물표적은 자체적인 취약성으로 인해 이격된 거리에서 폭파되어도 파괴효과가 발생하는 일정거리로 표적 유형별 지수로 유효오차거리(EMD : Effective Miss Distance)⁴⁾가 있다. Fig. 6에서 보면 건물 그림자 길이가 EMD 거리보다 짧다면 건물 그림자 길이는 무의미하고 길면 표적 취약성이 그림자 길이만큼 크다고 판단할 수 있다.

즉, $\frac{HA}{\tan(\text{imp_ang})} > EMD_bldg$ 를 충족하면 건물 그림자 길이가 유효하며 이때 표적 건물의 높이(HA), 탄 착각도(imp_ang), 표적건물의 취약성(EMD_bldg)의 관계는 $LET_bldg = LA + 2 \times EMD_bldg + LSH_bldg$ 가 된다.

LA는 표적의 길이, LSH_bldg는 표적의 그림자 길이이다.

만약 $\frac{HA}{\tan(\text{imp_ang})} < EMD_bldg$ 에서 그림자 길이가 없다면 살상효과 길이 $LET_bldg = LA + 2 \times EMD_bldg$ 가 된다. 이때 표적 취약면적은 Fig. 6과 같이

$$AT_bldg = (LA + 2 \times EMD_bldg) \times (WA + 2 \times EMD_bldg) + LSH_bldg \times WA$$

가 되고 살상면적 AT_bldg을 이용하면 살상효과 폭

$$WET_bldg = \frac{AT_bldg}{LET_bldg}$$

을 계산할 수 있다.

4) 유효오차거리(EMD : Effective Miss Distance)는 표적취약성 산정을 위해 사용하는 효과지수로 연료탱크나 견고화 건물과 같이 표적 특성에 따라 영향을 미치는 거리

2.1.1.3 EFD계산

이와 같이 면적을 갖는 표적에 있어 파괴확률(FD : Fractional Damage)은 표적 면적을 무기체계 살상면적으로 덮을 확률(F_C : Fractional Coverage)과 덮여진 표적 부분이 조건부파괴확률(P_{CD} :Conditional Damage Probability)과의 관계는 $FD = E(F_C) \times P_{CD}$ 가 된다. 예를 들어 전개한 전차가 500m×500m 공간내에 100대가 있는 표적지역에 살상면적이 700m×700m인 포탄을 사격한 경우 살상면적이 표적면적의 50%를 덮었다면 50대가 파괴될 것이라고 판단할 수 있다. 그러나 이때 화포가 형성하는 살상면적 내에 전차 파괴확률이 80%라면 40대만 파괴될 것이다. 그런데 여기서 살상면적이 100m×100m인 포탄이 투하되는 경우 Fig. 7과 같이 W_A (500m)와 W_{ET} (100m)간에는 1/5의 관계가 있다. 이때 면적비율 만큼 살상효과를 감소시키되 면적을 확장함으로써 표적면적과 살상면적의 중복 비율 계산이 가능하다. 즉, $\frac{L_{ET} \times W_{ET}}{L_A \times W_A}$ 만큼 감소된 살상효과를 적용해야 하는데 이 감소비율을 P_{CD} 라 한다.

손실함수는 Fig. 7과 같이 표적길이(L_A)와 파괴효과길이(L_{EP})의 중첩 정도에 따라 파괴확률을 계산한다. 사거리 방향 $E(F_C)$ 는 $E(F_r) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_r(x)g(x)dx$ 관계식을 적용하는데 여기서 $F_r(x)$ 는 살상면적이 표적면적을 덮을 확률함수이며 $g(x)$ 는 조준오차에 관한 확률밀도함수를 정규분포로 가정함으로써 다음과 같은 손실기대값 얻을 수 있다.

$$E(F_r) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_r(x)g(x)dx = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} F_r(x) \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right] dx$$

이때 덮을면적(Fractional Coverage) $F_r(x)$ 함수는 Fig. 7과 같은 중첩구간에 대해 계산한다.

표적면적과 무기체계 치사면적이 중복되는 s의 시점은 $-s = -\frac{L_{EP} + L_A}{2}$ 이고, 중점은 $s = \frac{L_{EP} + L_A}{2}$ 이 된다. 표적면적 혹은 치사면적이 각각 치사면적 혹은 표적면적을 완전히 덮는 시점은 $-t = -\frac{L_{EP} - L_A}{2}$, 중점은

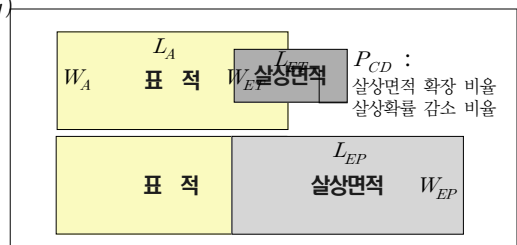


Fig. 7. P_{CD} Concept

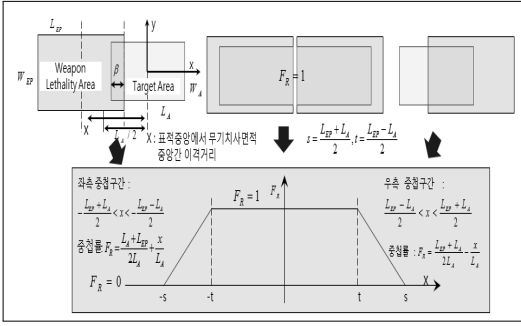


Fig. 8. EFD Damage Model Concept

$t = \frac{L_{EP} - L_A}{2}$ 이 된다. 두 함수 간 중첩이 없으면 덮을면 적 함수는 $F(x)=0$ 이 되고 두 함수가 완전히 중첩 되는 구간 $-t < x < t$ 에서는 $F(x)=1$ 이 된다. 이때 중첩 정도에 따라

$$-s \leq x \leq -t \text{ 구간은 } F(x) = \frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} + \frac{x}{L_A} \text{ 이 되고}$$

$$t \leq x \leq s \text{ 구간은 } F(x) = \frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} - \frac{x}{L_A} \text{ 이 된다.}$$

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{기타} \\ \frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} + \frac{x}{L_A}, & -s \leq x \leq -t \\ 1, & -t < x < t \\ \frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} - \frac{x}{L_A}, & t \leq x \leq s \end{cases}$$

덮을면적 함수를 적용한 결과 기대파괴확률은 다음과 같이 계산한다^[4].

$$E(F_C) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_C(x)g(x)dx = \left\{ \int_{-t}^t \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma_x^2}\right)dx + \int_{-s}^{-t} \left[\frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} + \frac{x}{L_A} \right] \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma_x^2}\right)dx + \int_t^s \left[\frac{L_{EP} + L_A}{2L_A} - \frac{x}{L_A} \right] \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma_x^2}\right)dx \right\}$$

이와 같이 구한 $E(F_C)$, P_{CD} 을 다음과 같이 적용한다.

$$EFD = E(F_C) \times P_{CD} \times R = E(F_C) \times \left[\frac{L_{ET} \times W_{ET}}{L_{EP} \times W_{EP}} \right] \times R$$

여기서 R은 무기체계 신뢰도를 의미한다.

2.1.2 단발파괴확률(SSPD)^[5] 방법

SSPD는 MAE_bldg 크기에 따라 L_{ET} 가 결정되면 일

양분포 손실함수가 계산되고 폭풍효과에 의한 SSPD는 Fig. 6과 같이 정확도 함수 $g(x)$ 를 중심으로 하는 확률밀도함수가 되고 표적파괴함수 $c(x)$ 는 일양분포 함수로 유효표적 길이 L_{ET} 와 유효표적 폭 W_{ET} 의 범위내 표적파괴 확률값이 된다. 이때 x, y축 방향별 단발파괴확률은 다음과 같이 계산된다.

$$SSPD_x = \int_{-L_{ET}/2}^{L_{ET}/2} \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-x^2}{2\sigma_x^2}\right] dx$$

$$SSPD_y = \int_{-W_{ET}/2}^{W_{ET}/2} \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] dy$$

표적크기와 무기의 탄착 정확도를 입력하여 사거리공산오차(REP : Range error probable)와 편각공산오차(DEP : Deflection error probable)를 각각 산출하고 표적길이 보다 긴 경우와 표적길이 보다 짧은 경우를 각각 구분하여 경사거리가 건물 주변의 EMD 보다 짧은 경우에는 EMD 지수를 적용하고 긴 경우에는 표적 그림자 길이를 적용해서 표적효과 길이를 계산한다. 이렇게 구한 표적효과 길이로 표적효과 면적에 적용하여 표적효과 폭을 구할 수 있다. 이어서 REP와 DEP를 이용하여 표적효과 폭과 표적효과길이 범위내 명중확률을 계산하여 SSPD를 구할 수 있다.

3. 시뮬레이션에 의한 비교분석

3.1 가정 및 시나리오

SSPD와 EFD에 대한 파괴효과분석방법의 타당성을 우선 비교분석하고 건물표적에 적용이 적합한지 비교분석 하였다.

다음 2개 가설로 SSPD와 EFD의 민감도 분석을 통해 적합성을 판단한다.

- ① 『정확도가 향상되면 파괴효과도 향상된다.』
- ② 『탄두위력이 커지면 파괴효과도 높아진다.』

SSPD는 표적건물의 50%가 파괴될 확률을 의미하지만 EFD는 표적건물의 면적을 기준으로 파괴되는 면적비율을 의미하므로 2개의 결과 값을 서로 비교하여 상대적인 정확도를 판단할 수 없으나 2개 가설을 충족하는지 분석을 통해 파괴효과분석 방법의 적합성을 판단할 수 있다.

다음 2개 가설을 기준으로 SSPD와 EFD의 건물표적에 대한 파괴효과 민감도를 분석하였다.

- ③ 『건물표적 공격 각은 파괴효과에 영향을 준다.』

- ④ 『동일한 바닥 면적을 갖는 건물은 높이에 따라 파괴효과가 상이할 것이다.』

3.2 표적파괴효과분석 방법의 타당성 분석

2개 방법에 대해 Fig. 9의 입력값을 적용하여 시뮬레이션 결과 Fig. 10과 같은 결과를 얻었다.

SSPD와 EFD 2개 방법은 정확도가 향상되고 탄두 위력이 강해지면 파괴효과가 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 이때 입사각(Impact angle)은 60도로 고정하였다. 중요한 특징은 SSPD는 MAE_{bdg}이 100에서 10,000로 변화되어도 동일한 CEP에서는 파괴효과 값의 변화가 없음을 확인할 수 있었고 이때 SSPD에 의한 파괴효과분석이 제한됨을 알 수 있다. 즉, 위력이 작은 탄두로 큰 건물을 공격시 SSPD를 적용해서 분석할 수 없음을 알 수 있었다. 이러한 문제점은 기존 연구에서도 제기한 바 있다³⁾.

이 문제를 구체적으로 비교분석하기 위해 입력값을 조정하여 추가 분석하였다. 건물표적 면적 보다 파괴면적(MAE_{bdg})이 작은 탄두로 타격하는 경우 Fig. 11과 같은 값을 입력하였다.

무기체계 성능	정확도(CEP,m)	0~500
	체계신뢰도(%)	100
	MAE _{bdg} (m ²)	0~50,000
표적크기	길이/폭/높이(m)	100/30/20
조우조건	탄착각(도)	60

Fig. 9. Simulation input parameter

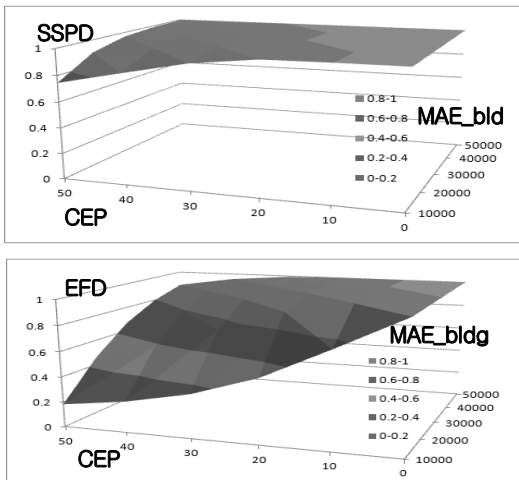


Fig. 10. First simulation result (SSPD/EFD)

무기체계 성능	정확도(CEP,m)	10~50
	체계신뢰도(%)	100
	MAE _{bdg} (m ²)	100~500
표적크기	길이/폭/높이(m)	100/30/20
조우조건	탄착각(도)	60

Fig. 11. Detail Simulation input parameter

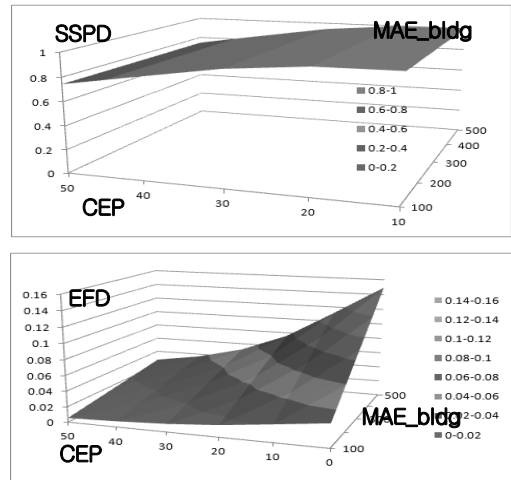


Fig. 12. Second simulation result

표적 크기와 MAE_{bdg}간 관계 분석을 위해 Fig. 12와 같이 표적면적범위 중심으로 유효파괴면적(MAE_{bdg})을 갖는 유도무기로 타격시 SSPD는 가정①을 충족하지만 가정②를 충족하지 못하여 적합성이 결여되었다고 판단할 수 있다. 반면 EFD는 가정 ①, ② 모두를 충족하는 파괴효과분석 방법임을 확인하였다.

3.3 건물표적에 적용 가능성

3.3.1 건물표적 높이 변화에 대한 파괴효과분석

다음 3차원 건물표적에 대한 적합성 분석을 위해 가정 ③에 대한 시뮬레이션을 통해 Fig. 13의 결과를 얻었다. 여기서 두 방법론 모두 고도를 갖는 표적에 대해 파괴효과가 변화하는 현상을 나타내고 있다. SSPD의 경우는 파괴효과가 증가하는 현상이 나타나는데 여기서 SSPD는 건물면적보다 작은 파괴효과면적을 갖는 경우 CEP만 영향을 미치므로 건물 노출면이 커지는 경우 파괴효과가 증가하는 효과가 나타난다.

반면 EFD는 건물표적 보다 큰 파괴효과 면적을 갖는 경우에는 노출면적이 증가함에 따라 파괴효과가 증가하다가 높이가 계속 커지면 표적의 체적도 커져서 무기체계

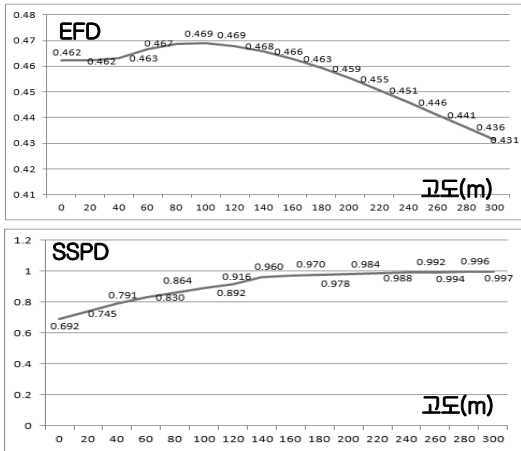


Fig. 13. Simulation result by height variable

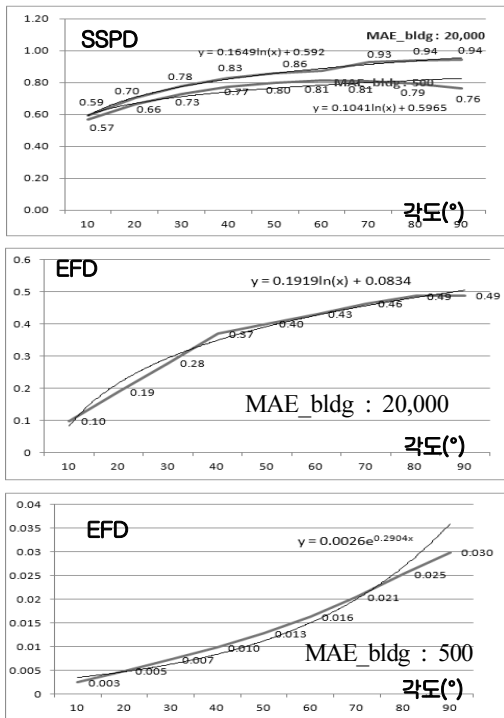


Fig. 14. Simulation result by impact angle variable Fixed CEP and two MAE_bldg

의 파괴능력 보다 건물 체적이 커지면 건물 체적 대비 파괴효과가 감소하여 건물표적에 대해 적절히 묘사 되고 있음을 확인할 수 있었다.

3.3.2 건물표적 탄착각 변화에 대한 파괴효과분석

건물표적에 대해 탄착각을 10도에서 90도까지 변화시키면서 파괴효과의 변화량을 분석한 결과 Fig. 14와 같이 SSPD는 파괴효과면적(MAE_bldg) 크기에 따라 차이는 있으나 지수함수 추세를 나타낸다.

한편 EFD는 파괴효과면적이 건물표적 보다 큰 경우 SSPD와 같이 지수함수로 계산되지만 건물표적 보다 작은 경우 EFD는 로그함수 추세를 따른다.

이와 같이 두개의 방법이 건물표적에 적합한 확인결과 SSPD 보다 EFD가 고도 측면에서 현실상황을 상대적으로 적절히 묘사한다. 한편 탄착각도에 따른 파괴효과분석결과 EFD는 표적크기와 무기체계 파괴효과면적(MAE_bldg)과의 관계에 따라 상이한 추세를 나타낸다.

4. 결 론

유도무기체계의 3차원 건물표적에 대한 파괴효과분석 모델로 SSPD와 EFD 도구를 비교분석한 결과 SSPD는 CEP에 따른 파괴효과 분석이 가능하나 파괴효과면적(MAE_bldg) 즉, 탄두위력이 표적면적 보다 작은 경우 파괴효과분석이 제한됨을 확인할 수 있었다.

반면 EFD는 CEP 뿐만 아니라 탄두위력 즉, 파괴효과면적(MAE_bldg) 변화에 따른 건물표적에 대한 파괴효과분석이 가능함을 확인하였다. 즉, EFD 방법은 SSPD 방법의 제한사항인 표적크기 보다 작은 유효파괴면적(MAE_bldg)을 갖는 유도무기체계에 대해 모의할 수 없는 문제점^[1]을 극복할 수 있었다.

또한 EFD는 3차원 건물표적 파괴효과분석을 위해 건물표적의 높이와 무기체계의 탄착각도 등에 대해서도 적절히 묘사할 수 있음을 확인할 수 있었다.

건물표적에 대한 파괴효과분석도 EFD가 적합함을 확인할 수 있었다. 따라서 연구결과를 활용하여 보다 정확한 소요분석과 작전 수행시 보다 정확한 피해효과평가 및 예측이 가능하여 군사적 임무수행에 보다 큰 기여를 하게 될 것으로 기대 된다. 그러나 실제 무기체계를 할당하고 운용하려면 실제 데이터 적용이 필요하다.

References

1. Jinho Park, et. al, "Comparing Analysis methodology of EFD & SSPD Assessing 3 Dimensional Building Targets by Missile System," The Korean Society for Simulation in Spring, pp. 2-15, 2014. 5.

2. Jinho Park, "The way of reasoning out Weapon Performance by Capability Centric," ROK Joint chiefs of Staff, Vol. 62, pp. 68-72, 2015. 1.
3. Jinho Park, Ki Whang Ko, Young H. Kim, "Suitability Analysis of Weaponing Tool for Surface-to- Surface Guided Missile for Building Target," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology the 16th the third, pp.255~259, 2013. 6.
4. Moris Driels, "Weaponing Conventional Weapon System Effectiveness Second Edition," AIAA. Pres, Virginia. USA, pp. 527-559, pp. 435-459, 2012.
5. Moris Driels "Weaponing Conventional Weapon System Effectiveness," AIAA. Pres, Virginia. USA, pp. 273-303, 2004.



박진호 (pjh8065@hanmail.net)

1986 육군사관학교 물리학과 학사
1995 국방대학교 무기체계학과 석사
2012 아주대학교 NCW학과 박사 수료

관심분야 : 전력기획 및 분석평가, 무기체계 효과평가, 시뮬레이션 기반 획득



최상영 (metayoung@gmail.com)

1982 육군사관학교 토목공학과 학사
1985 국방대학교 무기체계학과 석사
1989 (영) 크랜필드 공대 체계과학과 박사
2000 미국 조지메이슨대 C4I센터 객원교수
2003~14 국방대학교 무기체계학과 교수
2014~현재 명지대학교 연구교수

관심분야 : M&S 및 VV&A, 복합시스템 아키텍처, 체계공학



김영호 (ykim50@paran.com)

1983 육군사관학교 물리학과 학사
1988 CREOL, Univ. Central Florida, 전자공학과 석사
1997 ARRI, Univ. of Texas, Arlington, 전자공학과 박사
1999 Who's Who in the World 2000 등재
2000 Who's Who in Science and Engineering 2001 등재
2000~현재 한국국방연구원 획득연구센터 근무
2000~현재 아주대학교 정보통신대학원 겸임교수

관심분야 : C2/전술통신체계 획득분석, MANET프로토콜, 로봇제어, 인공지능