

# 음향센서를 이용한 명중도 계측기법

## A Target Scoring Technique Using Acoustic Sensors

최주호, 김윤겸, 유준  
(Ju Ho Choi, Yun Gyeom Kim and Joon Lyou)

**Abstract** : This paper presents a target scoring method using shock wave signals, which are generated from the supersonic speed of a projectile. The shock wave is detected from three acoustic sensors located in the target plane and the difference of the delay times are measured. The target coordinates are calculated from the effective propagation of velocity(EPV) and the delay times of the shock wave; and the EPV is from the projectile velocity and the delay time. With a comparison between the measurement result and the known coordinates, the accuracy and the usefulness of the proposed scheme is validated.

**Keywords**: target scoring, acoustic sensors

### I. 서론

명중도는 직사화기의 성능을 평가하는데 중요한 척도가 되며, 수직표적(vertical target)이 널리 이용되고 있다. 명중도 시험은 크게 정확도 시험과 분산시험으로 구분할 수 있다. 전자는 연속발사된 경우 표적상의 탄착점(impact point)들의 평균값이 조준점(aiming point)으로부터 얼마만큼 떨어져 있는지를 알아내는 것이고, 후자는 탄착점들이 그들의 중심점으로부터 어느 정도 분산되어 있는지 알아내는 것이다[1].

명중도를 측정하는 종래의 방법은 표적상에 나타나는 탄착점을 사람이 직접 표적에 접근하여 확인한 후 그 좌표를 기록하거나, 표적이 너무 큰 경우는 시험종료후 표적을 지면에 펼쳐놓고 줄자 등으로 측정한다. 종래의 방법은 인력과 시간이 많이 필요 할 뿐아니라 측정과정에서 측정오차를 유발할 수 있다.

그러므로 명중도를 자동으로 계측할 수 있는 시스템이 절실히 요구되었다. 명중도 자동 계측방법에는 여러가지가 있으나 일반적으로 광학적인 방법, 전자기적인 방법 및 음향적인 방법 등이 있다[2]. 광학적인 방법에는 Light Beam Method(LBM)와 Video Target Scoring Method(VTSM)가 있으며, LBM은 빛을 내보내고 검출하는 소자의 쌍을 결합하여 X, Y 방향에 격자표적을 만들고, 탄자가 표적을 통과할때 빛을 차단하는 것을 검출하여 통과된 위치를 알아내는 방법이며 VTSM은 비디오 카메라를 이용하여 표적의 영상 신호로부터 탄착좌표를 얻는 방법이다. 전자기적인 방법에는 Electric Field Method(EFM)와 Conductive Sheet Method(CSM)가 있다. EFM 방법은 자유비행중인 탄자는 전하를 띠게되며, 이 탄자가 세계의 평판을 통과할때 전하에 의해 형성된 전계분포를 측정하여 탄착좌표를 얻으며 CSM 방식은 저항성 도전물질이 발라져 있는 두 판을 접촉되지 않도록 중앙에 종이 등의 유전물질로 채워넣어 표적을 만들고 탄자가 표적을 통과할때 두 판간의 접촉전위차를 이용하는 방법이다.

상기의 방법들은 표적의 크기, 시험비용, 발사속도 및 표적의 교환 등에 여러가지 제한요소를 가지고 있기 때문에 사용상의 번거로움으로 시험계측의 효율이 저하되는 단점을

가지고 있다[3]. 음향적인 방법에는 마이크로폰과 로드변환기(rod transducer) 방법이 있는데 마이크로폰 방법은 선충격파(bow shock wave)의 크기를 이용하는 방법과 선충격파와 후충격파(stem shock wave)간의 지연시간차로 표적좌표를 얻는데 주요변수는 충격파의 마하각과 탄자속도와 두 센서에 도달된 충격파의 시간정보 등이 있다.

본 연구에서는 선충격파와 후충격파의 지연시간차를 이용한 탄자의 비행좌표를 구하는 계측기법을 제시하였다. 본 기법은 타 기법에 비하여 정확도가 높고 시험계측의 효율이 높은 것이 특징이며, 음속 이상으로 비행하는 탄자에만 적용할 수 있는 제한을 갖는다.

### II. 탄자의 충격파 현상과 신호파형

충격파는 화약이 폭발하거나, 공기중을 음속 이상으로 비행하는 물체에 의해 생기며, 급작스런 압력, 밀도, 온도의 불연속적인 변화를 수반한다. 또한 충격파의 전파속도는 급변하는 압력변화의 크기에 영향을 받으며, 항상 음속 이상이다. 마하파의 전파속도는 압력의 변화량과 밀도의 미소 변화량으로 표현할 수 있고 대기의 온도함수로 표현된다[4]. 그리고 충격파는 유체흐름의 방향에 대한 충격파의 각도로 분류되며, 유체의 흐름에 대해 직각으로 충격파가 생길 때 수직(normal)충격파라 하고 경사각을 가질 때는 경사(oblique)충격파라고 하며 유체가 압축될 때와 팽창될 때 발생된다.

#### 1. 충격파 현상

탄자가 음속으로 비행하는 경우 공기저항은 탄의 앞부분에서 생기는 공기의 압축으로 인하여 앞부분 감속(forebody drag)이 생기지만 초음속으로 비행할 때는 압축파가 발생되어, 원추경사 충격파를 형성한다. 탄자의 머리부분 충격파를 선(bow)충격파와 꼬리부분 충격파를 후(stem)충격파라 한다. 그림1은 탄자의 충격파 모양이며 머리부분과 꼬리부분의 모양에 의해 주로 좌우된다[5].

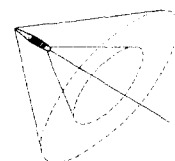


그림 1. 탄자의 충격파.  
Fig. 1. Shock wave of projectile.

#### 2. 충격파 신호 형태

초음속으로 비행하는 탄자로부터 획득된 충격파 신호는

접수일자 : 1995. 5. 3.

1차 수정 : 1995. 7. 4., 2차 수정 : 1995. 8. 29.

최주호 : 국방과학연구소

김윤겸 : 국방과학연구소

유준 : 충남대학교 전자공학과

그림2와 같으며 영문자 "N"과 비슷하여 N파 라고 한다.

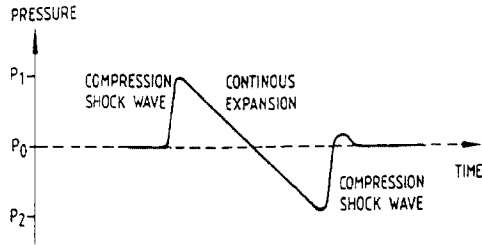


그림 2. 충격파의 형태.  
Fig. 2. The type of a shock wave.

그림2에서 충격파의 압력변화는 탄자의 앞부분에 의해 발생된 압력의 급격한 변화로, 압력이 대기압상태 P<sub>0</sub>로 부터 P<sub>1</sub> 까지 상승하며 시간이 경과함에 따라 대기압 까지 감소한다. 그러나 탄자의 꼬리에 가까와 짐에 따라 다시 음의 방향으로 P<sub>2</sub> 까지 감소한 후 급격히 대기압 상태로 돌아온다. 두 충격파간의 신호 크기와 시간차는 탄자의 특성과, 마하수 그리고 탄자가 지나간 경로로부터 압력이 측정되는 장소까지의 거리와 관계된다. 이때 충격파의 두께는 매우 얇으므로(10<sup>-6</sup>m) 충격파를 계속할 때는 매우 빠른 상승시간 특성을 갖는 센서를 사용해야 하며 반사와 영향을 받지 않도록 해야한다.

III. 탄착좌표와 충격파의 유효 전파속도

1. 탄착좌표

탄자가 수직표적을 통과할 때 수직표적면상의 충격파 전파 형태는 그림3과 같다.

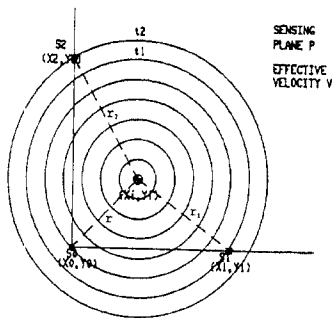


그림 3. 충격파의 전파형태.  
Fig. 3. Propagation type of a shock wave.

그림3에서 탄자의 통과한 좌표를(Xi, Yi), 센서좌표를(X0, Y0), (X1, Y1), (X2, Y2) 탄자가 표적면을 통과할 때 충격파가 센서 S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub> 및 S<sub>2</sub>에 도달한 순간을 각각 t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> 평면상에서의 충격파의 유효전파속도를 Ve라고 할 때 음원과 센서 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub>와의 거리 r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>는 다음과 같다[6].

$$r_1 = |Ve| t_1 \tag{1}$$

$$r_2 = |Ve| t_2 \tag{2}$$

본 연구에서는 그림 4와 같이 세개의 센서[S<sub>0</sub>(0, 0), S<sub>1</sub>(X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>), S<sub>2</sub>(X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>)]를 사용한다. 탄착점의 좌표를 P(X, Y), 점 P에서 S<sub>0</sub> 까지의 거리를 r이라 했을 때 센서 S<sub>1</sub>과 센서 S<sub>2</sub> 까지의 거리는 그림4와 같이 나타낼 수 있으며 그 경로차 δ<sub>1</sub>과 δ<sub>2</sub>는 다음과 같이 표현된다.

$$\delta_1 = |\overline{PS_1} - \overline{PS_0}| = |Ve| (t_1 - t_0) \tag{3}$$

$$\delta_2 = |\overline{PS_2} - \overline{PS_0}| = |Ve| (t_2 - t_0) \tag{4}$$

그림4의 세개의 원의 방정식에서 원점과 탄착점 P 좌표 사이의 거리 r은 (5)와 같다.

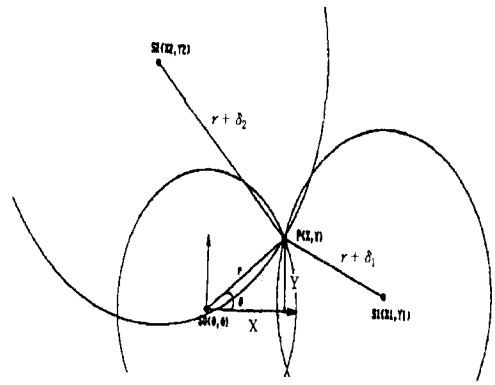


그림 4. 센서 위치와 탄착점간의 관계.  
Fig. 4. Relation of sensor positions and impact points.

$$r = \frac{A_1}{2(X_1 \cos \theta + Y_1 \sin \theta + \delta_1)} = \frac{A_2}{2(X_2 \cos \theta + Y_2 \sin \theta + \delta_2)} \tag{5}$$

$$A_1 = X_1^2 + Y_1^2 - \delta_1^2$$

$$A_2 = X_2^2 + Y_2^2 - \delta_2^2$$

(5)를 다시 정리하면

$$(A_1 X_2 - A_2 X_1) \cos \theta + (A_1 Y_2 - A_2 Y_1) \sin \theta = A_2 \delta_1 - A_1 \delta_2 \tag{6}$$

$$K = \frac{(A_2 \delta_1 - A_1 \delta_2)}{R} = \cos(\theta - \phi) \tag{7}$$

$$R = [(A_1 X_2 - A_2 X_1)^2 + (A_1 Y_2 - A_2 Y_1)^2]^{1/2} \tag{8}$$

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{A_1 Y_2 - A_2 Y_1}{A_1 X_2 - A_2 X_1} \right) \tag{9}$$

(9)의 φ는 -π ~ π 구간에서 유일한 값을 가지며 주어진 센서위치와 시간차 t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>로부터 구할 수 있다. φ 각을 φ = α + 2nπ (단, n=0, 1, 2, …)와 같이 정의하면 (7)은 R 값이 항상 0보다 크기 때문에 분자항의 크기에 따라 제1사분면과 제4사분면 혹은 제2사분면과 제3사분면에서 만족하는 해를 갖는다. 즉,

$$(A_2 \delta_1 - A_1 \delta_2) > 0 \text{ 이면 제1, 4사분면}$$

$$(A_2 \delta_1 - A_1 \delta_2) < 0 \text{ 이면 제2, 3사분면}$$

그리고 θ는 다음과 같이 정의된다.

$$\theta - \phi = \beta = \cos^{-1} |K| \tag{10}$$

$$\theta = \alpha + \beta + 2n\pi \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \tag{11}$$

그러므로 탄착점좌표 P(X, Y)는 아래와 같이 θ와 r값에 따라 두개가 얻어진다.

$$P(X_1, Y_1) = (r_1 \cos \theta_1, r_1 \sin \theta_1) \tag{12}$$

$$\theta_1 = \alpha - \beta$$

$$r_1 = \frac{X_1^2 + Y_1^2 - \delta_1^2}{2(X_1 \cos \theta_1 + Y_1 \sin \theta_1 + \delta_1)}$$

$$P(X_2, Y_2) = (r_2 \cos \theta_2, r_2 \sin \theta_2) \tag{13}$$

$$\theta_2 = \alpha + \beta$$

$$r_2 = \frac{X_2^2 + Y_2^2 - \delta_2^2}{2(X_2 \cos \theta_2 + Y_2 \sin \theta_2 + \delta_2)}$$

본 연구에서는 탄착좌표를 얻기 위하여 3개의 음향센서 좌표와 유효전파속도(Ve) 및 매 시험탄의 충격파 지연시간 데이터를 이용하고 있다. 시간데이터는 기준좌표인(0, 0) 위치에서 계속된 시간데이터를 기준시각으로하고 나머지 두개의 획득된 시간데이터의 시간차를 구하게 된다. 센서좌표를 (0, 0), (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>), (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>), 유효전파속도 Ve 그리고 두개의 시간 데이터를 t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>라 하면 탄착좌표는 제1사분면을 사용할 경우 (12)로 계산된다.

2. 충격파의 유효전파 속도

속도가  $V_p$ 인 탄자가 평면 P에 도달한 순간을  $t_0$ 라 하자 그때 발생한 충격파는 평면 P에는 전달되지 않으며,  $t_1$  순간에 있을 경우 충격파는 평면  $r_1$  점에 도달하고  $t_2$  순간에 있을 때 충격파는  $r_2$ 점에 도달하게 됨을 그림5에서 볼 수 있다.

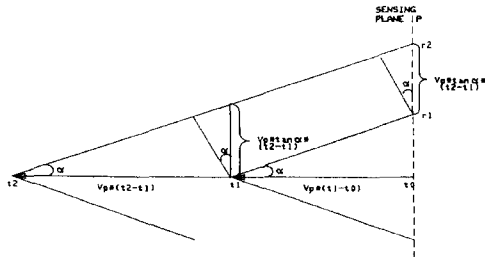


그림 5. 충격파의 유효전파 속도.  
Fig. 5. Effective propagation Velocity of a shock wave.

탄자가  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 진행할 때 평면과의 이동거리를  $d$  라 고 할 때 유효전파속도  $V_e$ 는

$$V_p \cdot (t_2 - t_1) \tan \alpha = r_2 - r_1 \quad (14)$$

$$V_e = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1} = V_p \tan \alpha \quad (15)$$

$$V_p = MC \quad (16)$$

$$C = \sqrt{d_p/d_e} \cong 331.3 + 0.6t \text{ m/s}$$

M : 마하수

C : 마하파의 전파속도

본 논문에서는 유효전파속도를 실험적으로 구하였는데 그림6과 같이 설치한 세개의 센서좌표  $S_0(0, 0)$ ,  $S_1(X_1, Y_1)$ ,  $S_2(X_2, Y_2)$ 에서 측정된 시간데이터  $t_1$ 과  $t_2$ 로 부터 계산된 좌표와 실제 측정된 좌표( $X_m, Y_m$ )와의 거리 차가 최소가 되는 전파속도  $V_e$ 를 구한다. 측정된 좌표( $X_i, Y_i$ )와 실제 측정된 좌표( $X_m, Y_m$ )간의 거리오차는  $de(V_e)$ 가 최소가 되는  $V_e$  값을 찾는다.

$$d_c(V_e) = [ (X_m - X_{i(V_e)})^2 + (Y_m - Y_{i(V_e)})^2 ]^{1/2} \quad (17)$$

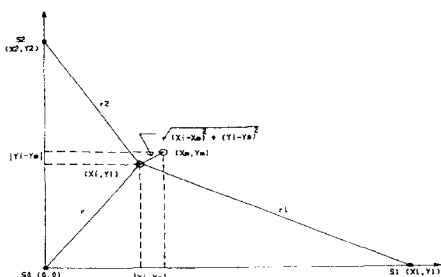


그림 6. 유효전파 속도를 구하기 위한 그래프.  
Fig. 6. Graph for finding effective propagation velocity graph.

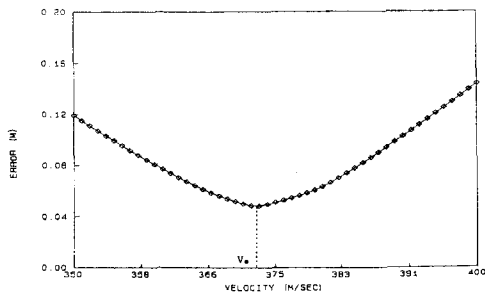


그림 7. 유효전파 속도와 거리오차 관계  
Fig. 7. Relation to effective propagation velocity and distance error.

유효전파속도  $V_e$  값은 시험도중에는 구할 수 없으며 시험전 별도의 시험을 통하여 최적의  $V_e$  값을 찾아야 한다. 본 연구에서는 소구경탄과 대구경탄까지  $V_e$  값을 계측하였으며, 그림7에서 거리오차와  $V_e$  관계를 보이고 있다.

IV. 시험방법 및 계측결과

1. 시스템 구성

시스템 구성은 그림8과 같이 충격파 신호를 검출하기 위하여 주파수, 진폭 및 운동특성이 우수한 압전 마이크로폰 센서(PCB 106B 모델)와 RG 58 동축케이블 및 신호증폭과 여파를 위한 Signal Conditioner의 회로구성은 다음과 같다.

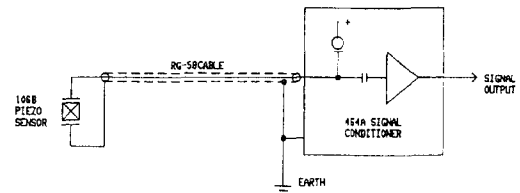


그림 8. 음향센서 회로와 신호증폭기 구성도.  
Fig. 8. Blockdiagram of signal conditioner and acoustic sensor.

1.1 신호파형

획득된 충격파 신호파형은 그림9와 같으며 보통 포구전 방 20m~2km 근방에 수직표적을 세우기 때문에 화포의 사격시 폭발음은 현저히 감쇄되고 충격파의 전달속도와 탄자의 비행속도가 다르기 때문에 신호검출에는 영향을 주지 않았다.

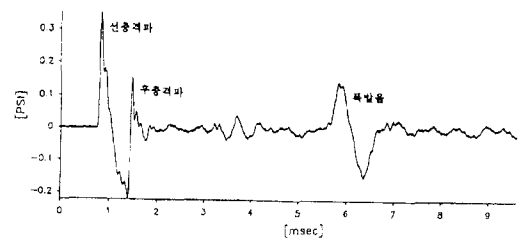


그림 9. 충격파 신호파형.  
Fig. 9. Signal waveform of a shock wave.

1.2 유효전파 속도 계산과정

계측된 3개의 시간 데이터로부터 탄착좌표를 구하기 위하여 비행탄자의 속도에 대한 충격파의 유효전파속도  $V_e$ 를 구해야 한다. 그림10은 센서와 탄착좌표 및 시간 데이터로부터 유효전파속도  $V_e$ 를 구하는 과정을 보여주고 있다.

그림10에서  $R_n$ 은 시험발수이고  $V_{in}$  및  $V_e$ 은 상환값과 하한값을 나타낸다. 그리고  $i$ 는 시험발수의 시퀀스를 나타내며  $i=1$ 에서 각 센서에 도달된 시간  $t_0, t_1, t_2$  및 실측 좌표값 ( $X_m, Y_m$ )을 읽고 시간지연오차를 구한다. 그 다음은  $r$ 과  $\theta$ 를 계산하고 차승오차(ER)를 구한후 Sum error(SER)를 계산한후 ER을 누적한다. 이러한 과정을 시험발수만큼 반복하고  $V_e=V_i$ 에 대해 구해진 SER을 다른  $V_e$  값과 비교하고 비교결과 더 작은값을 MSER로 하고 이때 속도를 OV로 한다.

1.3 탄착좌표 계산과정

탄착좌표를 구하기 위한 기본자료는 3 개의 음향센서 좌표와, 유효전파속도 및 3 개의 시간 데이터이다. 탄착좌표의 계산과정을 그림11에서 볼 수 있다. 먼저 센서좌표( $X_1, Y_1$ ), ( $X_2, Y_2$ )와 유효전파속도  $V_e$  및 시험발수  $R_n$ 을 입력시킨다. 사격발수 시퀀스  $i=1$ 로 하고 계측된 시간  $t_0, t_1, t_2$ 를 읽는다. 그리고  $A_1, A_2, \beta$  및  $\phi$  값을 계산하고, 계산식에 의해

구해진 r과  $\theta$  로 부터 탄착좌표를 얻는다.

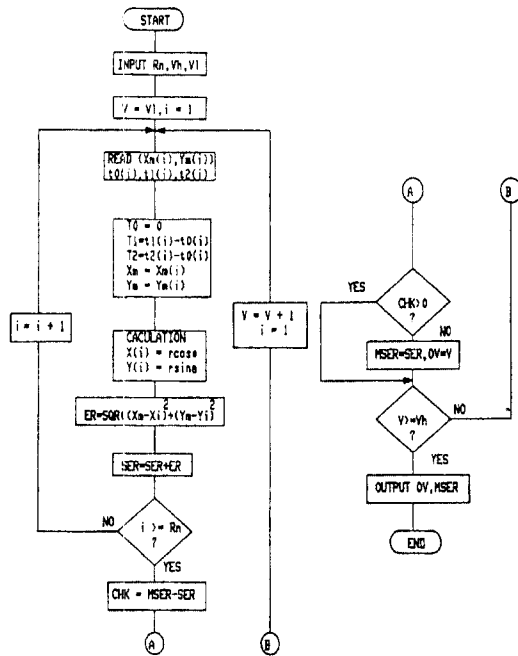


그림 10. 유효전파 속도 계산 흐름도.

Fig. 10. Flow chart for effective propagation velocity.

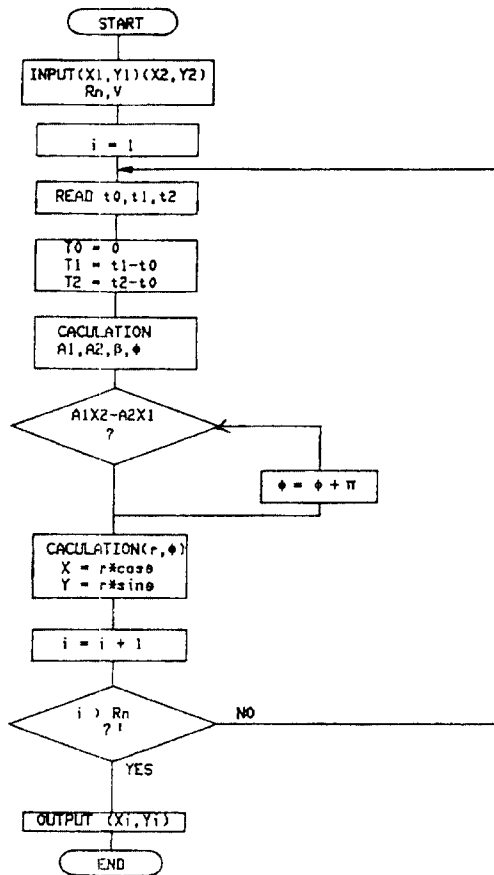


그림 11. 탄착좌표 계산 흐름도.

Fig. 11. Flow chart for target scoring coordinates.

2. 계측결과

2.1 소구경 탄의 명중도 시험결과

소구경탄의 충격파 유효전파속도는 373m/sec이었고 크기가 0.53m×0.67m인 표적을 총구 전방 30m 위치에 세우고

17발을 사격하였으며 평균속도는 990m/s(M=2.84) 이었다. 표1과 그림12에서 이들의 계측결과를 나타내었으며, 실측값과 계산값의 평균좌표 편차는 0.23cm의 정확도를 보였다.

표 1. 소구경 탄의 명중도 데이터.

Table 1. Target scoring data of small caliber projectile.

Impact No.	실측좌표 (cm)		계산좌표 (cm)		절대오차 (cm)	
	X <sub>m</sub>	Y <sub>m</sub>	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	X	Y
1	28.05	27.25	28.15	27.17	0.10	0.08
2	21.00	26.85	20.91	26.75	0.09	0.10
3	16.10	23.29	16.10	23.22	0.00	0.07
4	18.35	34.95	18.35	34.31	0.00	0.64
5	27.00	30.38	27.11	30.06	0.11	0.32
6	23.99	32.70	24.18	32.52	0.19	0.18
7	37.35	35.00	37.01	34.63	0.34	0.37
8	35.90	36.35	36.01	36.12	0.11	0.23
9	32.00	37.00	34.14	37.15	0.14	0.15
10	28.30	31.10	28.31	30.83	0.01	0.27
11	26.80	30.30	26.37	30.44	0.43	0.36
12	35.90	34.82	35.71	34.56	0.19	0.26
13	27.40	29.00	27.48	28.88	0.08	0.12
14	28.25	30.05	28.40	29.90	0.15	0.15
15	15.00	47.15	15.30	46.93	0.30	0.34
16	37.80	41.50	37.65	41.16	0.15	0.34
17	37.00	2.40	36.94	2.34	0.06	0.06

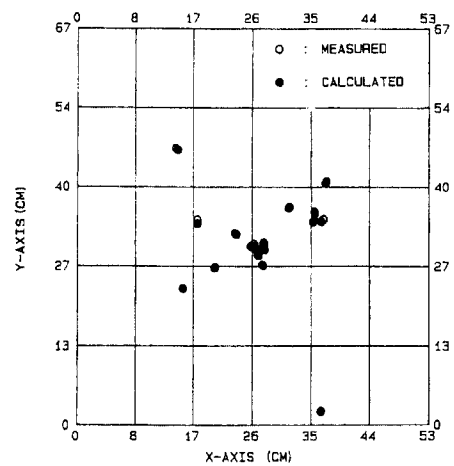


그림 12. 소구경 탄의 명중도 좌표.

Fig. 12. Target scoring coordinates of small caliber projectile.

2.2 대구경 탄의 명중도 시험결과

대구경 탄의 충격파 유효전파속도는 385m/sec 이었고 크기가 1.94m×1.94m의 표적을 포구전방 50m 위치에 세우고 8발을 사격하였으며 평균속도는 1,174 m/sec(M=3.36)이였다. 표2와 그림13에서 이들의 계측결과를 나타내었으며, 평균좌표 편차는 0.12cm의 정확도를 보였다.

표 2. 대구경탄의 명중도 데이터.

Table 2. Target scoring data of large caliber projectile.

Impact No.	실측좌표 (cm)		계산좌표 (cm)		절대오차 (cm)	
	X <sub>m</sub>	Y <sub>m</sub>	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	X	Y
1	-	-	-	-	-	-
2	0.97	1.08	0.95	1.07	0.02	0.01
3	0.97	0.95	0.97	0.95	0.00	0.00
4	0.51	1.55	0.50	1.53	0.01	0.02
5	0.51	1.37	0.51	1.37	0.00	0.00
6	0.51	1.17	0.52	1.17	0.00	0.00

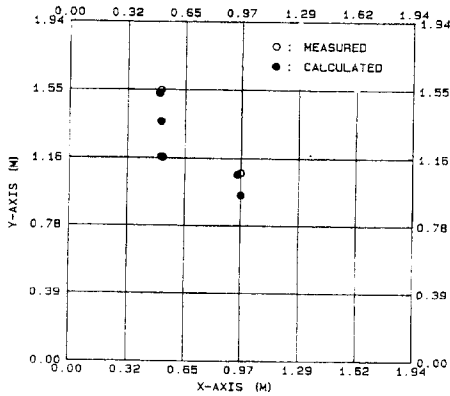


그림 13. 대구경 탄의 명중도 좌표.  
Fig. 13. Target scoring coordinates of large caliber projectile.

2.2 음향센서 장비와 비디오 장비의 정확도 비교

표 3. 측정장비의 정확도 비교.

Table 3. Comparison of the accuracy for the measuring equipments.

구분	탄구경	표적크기	정확도	참 고
음향센서장비	3 cm	0.53m×0.67m	0.23 cm	광목이나 합판 표적의 경우 줄자로 측정할 때는 2~3cm의 오차를 갖는다.
비디오 장비	3 cm	1.22m×1.22m	0.62 cm	

V. 결론

현재 사용하고 있는 광목 또는 합판 표적을 이용하는 명중도 측정기법은 탄착지역에서 표적의 설치와 회수작업을 시험진행 도중에도 수행해야 하므로 시험의 효율이 크게 떨어지며, 시험의 안전문제 유발과 인력소모 및 수작업으로 측정을 하기 때문에 특히 광목 표적인 경우는 측정의 오차가 발생하며 연발사격의 경우 측정이 불가능한 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 기존의 명중도 측정기법의 문제점을 보완하기 위하여 세개의 음향센서를 이용하였으며 음속 이상의 비행탄자의 충격파를 검출하고 각 센서에 도달하는 충격파의 지연시간차를 이용하여 수직표적상의 탄착좌표를 얻을 수 있는 기법을 연구하였으며, 유효전파 속도는 별도의 시험을 통하여 얻었는데 탄자의 속도와 마하수로 구할 수 있다.

본 연구에서,

- 탄착좌표에서 센서 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub> 간의 거리 r+δ<sub>1</sub>, r+δ<sub>2</sub> 와 θ<sub>1</sub> 및 θ<sub>2</sub>를 구하기 위하여 유효전파속도 V<sub>e</sub>를 탄자의 속도와 마하수 등을 이용하여 명중도 시험전 별도의 시험을 통하여 최적의 유효전파속도 값을 각 탄종마다 구하였다.
- 유효전파속도 V<sub>e</sub>는 비행탄자의 속도 V<sub>p</sub>와 두 센서 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub>에 도달된 시간 t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> 및 충격파의 각을 이용하여 구하였으며, 명중도 측정에서 평균좌표 편차가 0.3cm 이내의 높은 정확도를 입증할 수 있었다.
- 본 시스템은 탄자의 크기와 발사회수 등에 제한이 없으며, 1회의 센서 설치로 측정이 가능할 뿐만 아니라 실시간 신호획득 및 신호처리도 가능하므로 시험과 측정의 효율을 크게 개선시킬 수 있었다.
- 본 기법의 제한사항으로는 비행탄자의 속도가 음속 이상이 되어야 명중도 측정이 가능하다.

참고문헌

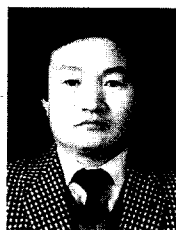
- [1] APG(Aberdeen Proving Ground) TECOM, "Vertical Target Accuracy and Dispersion", TOP 4-2-829, U.S. Army TECOM, 1976, NTIS : AD A027709
- [2] "Proceeding 3 International AVL Symposium" AVL, B3 & B4, 1982.
- [3] 임영수, "명중도 자동측정 시스템의 연구개발", TAEC -5-9-86002, 대전, 국방과학연구소, 1986.
- [4] 이택식 역, "유체역학", 동명사, 1978.
- [5] RITA G. LERNER, "Encyclopedia of Physics", 1991.
- [6] A. Tobias, "Acoustic Emission Source Location in two Dimensions by an Array of Three Sensors, FFB, 1976.



유 준 (正會員)

1956년 3월 22일생. 1978년 2월 서울대학교 전자공학과(학사). 1984년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사). 1984년 10월 ~ 현재 충남대학교 전자공학과 교수. 1989년 2월 ~ 1990년 2월 미쉬건 주립대학 전기공학과 방문교수. 1994년 12월 ~ 1995년 2월 독일

Fraunhofer IPA 연구소 방문교수. 주관심분야는 제어계측 공학, 산업공정예의 제어응용 등임.



최 주 호

1949년 9월 18일생. 1976년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업(학사). 1995년 2월 충남대학교 전자공학과 졸업(석사). 1977년 2월 ~ 현재 국방과학연구소 측정기법연구실(실장). 주 관심 분야는 Sensor & Instrumentation, Control Devices & Instruments, Intelligence

Theory 등임.



김 윤 겸

1960년 8월 15일생. 1984년 2월 숭실대학교 전자공학과 졸업(학사). 1986년 2월 숭실대학교 전자공학과 졸업(석사). 1986년 3월 ~ 현재 국방과학연구소 측정기법연구실(선임연구원). 주 관심 분야는 Digital Signal Processing, Sensor & Instrumentation

등임.