

인체-화기시스템의 인체충격특성에 관한 연구

이영신[#], 이장원^{*}, 최영진^{*}, 체제욱^{**}, 최의중^{**}, 김인우^{**}

A Study on Human Body Impact Characteristics of the Human-rifle System on Shooting

Young-Shin Lee[#], Jang-Won Lee^{*}, Young-Jin Choi^{*}, Je-Wook Chae^{**},
Eui-Jung Choi^{**} and In-Woo Kim^{**}

ABSTRACT

The impact time history of human body with K2 rifle on stand shooting posture is analyzed and compared with experimental results. Analysis model is Korean 50%tile of twenties and height, weight is 174 cm, 62 kgf respectively. The muscle and bone human model of Korean man's twenties 50%tile is applied. ADAMS program is used for kinematic analysis and human model is developed by Life Mod program. The effect of the ground support condition, grip position and human weight factor are studied. Maximum impact force of shoulder is 784 N. The horizontal displacement of K2 rifle muzzle is 2.9 cm.

Key Words : Shooting posture (사격자세), Human impact force (인체충격력), Human weight factor (인체충실지수)

기호설명

- E Young's modulus
- [K] Stiffness matrix
- {P} Force vector
- R Repletion factor of the human body
- T Period time
- t Time
- {Δ} Generalized linear and angular displacement vector

충격(impact)은 구조물의 고유진동수에 의한 주기보다 극히 짧은 시간동안 큰 힘에 노출되어 발생되는 현상이다. 이 중 인체에 미치는 충격은 사람에게 직접적인 영향을 미쳐서 여러 가지 중요한 문제를 발생시킨다. 특히 사격 시 인체가 받는 충격력은 전장에서 병사의 임무의 지속성과 능력에 영향을 미치므로 이에 대한 연구가 필요하다.

사격에 대한 연구는 최근에 인간공학의 발전과 함께 인체에 대한 해석이 수행되고 있다. 한규현은¹ 사격자세와 인체가 받는 충격력에 대해서 연구하였고, 김효준² 등은 가스작동발사기의 고충격 발생

1. 서론

접수일: 2005년 9월 20일; 게재승인일: 2006년 6월 16일
 # 충남대학교 기계설계공학과
 E-mail leeys@cnu.ac.kr Tel. (042)821-6644
 * 충남대학교 기계설계공학과 대학원
 ** 국방과학연구소

기구에 대한 해석모델을 개발하였으며, 충격완충시스템의 파라미터 최적화를 수행하였다. Pankoke³ 등은 진동해석을 위해 앉은 자세의 인체에 대한 FE Model을 개발하였고 동적해석을 수행하였다. 이영신등은 사격 시 인체-화기 시스템에 대한 생체학적인 모델링 구현에 대한 연구^{4,5}를 수행한 바 있다. 인체-화기간의 기하학적인 형상은 인체에 미치는 충격력에 각기 다른 영향을 미치며, 이는 화기의 파지위치등과 관련이 있다. 또한, 인체는 골격과 근육, 내장 조직등의 복잡한 구조로 이루어져 있으며, 현재까지는 사격 시 인체에 미치는 충격력에 대한 연구가 골격모델에 국한 되어 있으므로 근육-골격에 대한 인체 모델링과 이에 대한 해석이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 한국인 인체 데이터를 활용하여 인체모델을 근 골격계로 가정한 인체-화기 모델을 완성하였고, K2 화기의 충격력 시간이력 값을 적용하여, 사격 시 인체가 받는 충격력을 계산하였고, 사격 시험을 통해 그 결과를 검증하였다. 이를 통해서 사격 시 화기의 반력이 인체에 미치는 충격력을 예측할 수 있으며, 향후 자세대 무기에 대한 연구를 위한 신뢰성 있는 한국인의 인체모델을 개발하는데 그 목적이 있다. 또한, 왼손파지위치에 따른 충격력을 비교하여 충격력이 가장 적은 파지위치에 대해서 고찰 하고자 한다. Fig. 1에서 나타난 것과 같이 총열방향(X축), 총열수직방향(Y축), 총열수평방향(Z축)으로 하였다. 또한, 인체충실지수를 도입하여 그에 따른 충격력을 비교하였다. 인체충실지수란 키에 대비한 몸무게의 비율을 나타내는 지수로서 1.2 이하는 마른체형 1.2에서 1.5는 보통체형, 1.5 이상은 비만체형으로 분류한다.⁶

$$R = \frac{Weight}{Height^3} \times 10^5 \quad (cm, kgf) \quad (1)$$



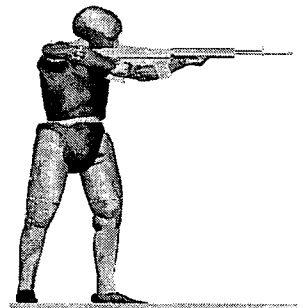
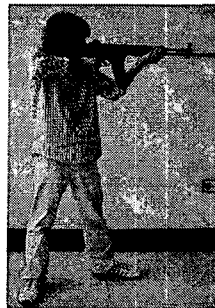
- X: Longitudinal direction
- Y: Vertical direction
- Z: Horizontal direction

Fig. 1 Coordinate system of the human-rifle

2. 인체 모델링 및 해석

2.1 인체모델링

본 연구를 위해서 인체모델링 프로그램인 LifeMod 2005을 이용하여 모델을 생성하였고, 생성된 인체모델로 ADAMS 2003⁸ 상용 프로그램에서 충격해석을 수행하였다. 인체 모델은 2004년 기술 표준원에서 발표한 자료에 따라서 20대 남성의 50% tile에 해당하는 키 174 cm, 몸무게 62 kgf 의 표준 인체모델을 선택하였다. Fig. 2는 대상자의 실제 사격자세와 인체모델의 자세를 수정하여 비교한 장면이다. 사람은 여러 관절을 조절하여 좀 더 자연스러운 자세를 취하지만 모델의 경우는 수정할 수 있는 관절이 적어 대체적으로 부자연스러운 자세를 취하고 있다. 그러나 기본적인 골격의 위치나 각도는 실제 대상자와 거의 동일하다.



(a) Human (b)Simulation model

Fig. 2 Comparison of human and simulation model with the stand shooting posture⁷

해석에 사용된 화기는 한국인 체형에 맞게 개발된 K2 화기를 선택하였다. 화기의 기본 모델링은 CATIA V5를 이용하였으며 Fig. 3는 실제 화기 사진과 모델링된 화기이다.

해석에 사용된 화기의 정보는 Table 1과 같다. Fig. 4는 화기와 인체모델이 서로 구속된 사진이다. 자세 수정이 끝난 모델에 대한 화기의 연결은 왼손은 화기를 잡고 있으며, 손바닥 위에서 회전에 대한 영향이 있고 앞뒤로 움직이지 않는다는 가정을 하여 회전만 가능하도록 하였다. 오른손의 경우는 손잡이를 쥐고 있으므로 손목의 움직임 중 회전에 대한 영향은 받지 않고 뒤로 밀린다는 가정으로 화기가 밀리는 방향으로 회전만 가능하도록 하였다.

어깨부위에 화기의 개머리판을 밀착하고 있으며 화기가 움직일 때 어깨에서 좌우로 이탈하지 않으며 현 상태에서 화기의 회전에 대한 영향만 받는다고 가정하여 회전만 가능하도록 하였다.

시뮬레이션에 입력된 충격력은 약 400 N 으로 한규현¹의 Pro 25-MF-3B를 적용한 실험값이며 완충기의 부피와 무게가 작고 화기 몸의 이동거리가 짧으며 실험한 대상 중 충격력과 화기 몸의 이동거리의 비가 가장 좋은 모델이라고 제시하고 있다.

Table 1 Basis information of K2 rifle¹

Length	97 cm
Weight	3.26 kgf
Impact force	4000 N

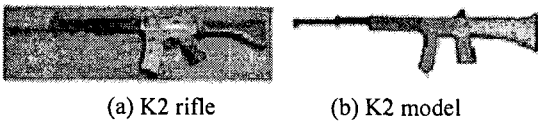


Fig. 3 Model and photographic of K2 rifle



(a) Left hand (b) Right hand (c) Shoulder

Fig. 4 Boundary condition of rifle and human body supports

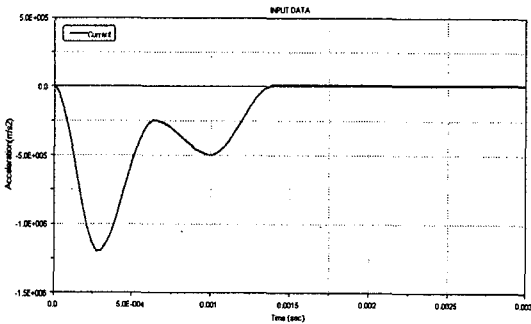


Fig. 5 Acceleration time history of K2 rifle on shooting test

Fig. 5는 해석에 사용한 입력 값으로 압전 센서

B&K 8201에서 측정된 충격-시간이력을 가속도 시간-이력으로 변환한 그래프이다.

2.1.1 근육-골격모델

일반적으로 생체 역학의 모델링에서는 정적(static) 모델과 동적(dynamic) 모델 두 가지로 크게 나눌 수 있으며, 이것은 다시 몸을 몇 분절로 나누어 관찰하는가, 2차원, 3차원 등의 관찰범위에 따라 세분되어진다. 일반적으로 생체역학의 모델은 그 구성에 따라서 5 가지로 나눌 수 있다. 본 논문에서 사용한 인체 모델은 18개의 분절과 19개의 조인트를 갖는 동적모델링이다. 또한 인체를 골격과 근육으로 구성하였고, 근육의 강성을 고려하여 모델링하였다.⁷

본 논문에서는 인체모델을 근육과 골격의 구조물로 가정하였고, 인체의 많은 자세 중에 서서좌사격자세에 대하여 근육의 강성을 고찰하였다. 사격자세의 복잡한 인체 구조에 대한 인체 모델을 구현하기위해 근-골격 모델을 제시하였다. 하체 부위 근육의 탄성계수 값은 $E = 0.65 \times 10^2 \text{ N/cm}^2$, $A = 5 \text{ cm}^2$, $L = 21 \text{ cm}$ 그리고, 상체와 쇄골 부근의 근육은 $E = 0.75 \times 10^2 \text{ N/cm}^2$, $A = 8 \text{ cm}^2$, $L = 20 \text{ cm}$ 을 근거²로 하여 사격 시 어깨 근육 분절의 강성을 고려하여 크게 두 분절로 다르게 적용하였다. 각 요소의 강성은 식 (2)로부터

$$[k] = \frac{A \times E}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

하체부위 $k = 154.76 \text{ N/cm}$ 이고 쇄골을 포함한 상체부위는 $k = 300 \text{ N/cm}$ 으로 가정하여 해석하였다. Fig. 6은 사격 시 인체의 근육 강성이 하체와 상체로 크게 두 분절로 각기 다른 값을 제시한 모델이다.

2.1.2 인체 고유진동수

인체의 고유진동수는 어깨부의 4 ~ 5 Hz, 머리 25 Hz 이하, 안구 30 ~ 80 Hz, 가슴 60 Hz 이하, 손목 50 ~ 200 Hz, 무릎 2 ~ 20 Hz 이다.⁴

따라서, 어깨 부위는 대략 0.2초 안에 힘이 가해질 경우, 충격력이 인체에 영향을 미치며, 사격시 격발이 0.01초 이내에서 이루어짐을 고려 할 때 0.2초 이내의 충격해석을 고찰 할 필요가 있다. Fig. 7은 인체 각 부위 고유진동수를 나타낸 그림이다.⁹

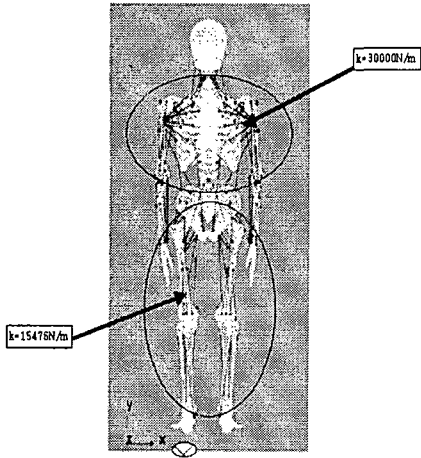


Fig. 6 Muscle and bone human model on LifeMod⁷

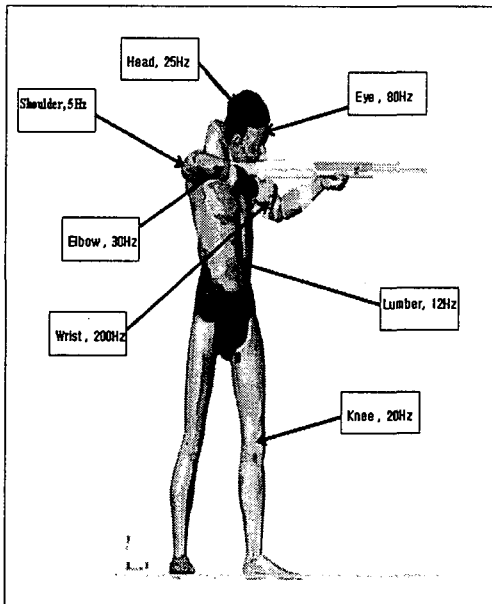


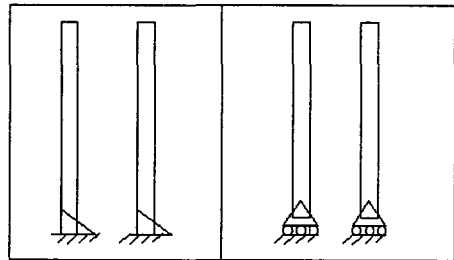
Fig. 7 Natural frequency of human body⁹

2.2 인체충격 해석

2.2.1 지면경계조건에 따른 해석

완성된 인체모델의 사격 시 인체에 미치는 충격을 계산하기 위해 동역학 해석을 수행하였다. 서서 좌 자세의 해석 모델의 신뢰성을 검증하기 위하여, 지면과의 경계조건에 대해 두 가지로 해석을 수행하였다. 경계조건을 단순지지 구속조건과, 고정 구속조건 두 가지로 구분하였다. 단순지지는 사격 시 인체가 뒤로 밀린다는 가정으로 지면과의 경계조건을 주었고, 완전고정 경계조건은 사격 시 인체가 뒤로 밀리지 않는다는 가정으로 구현되었다.

Fig. 8 (a)는 완전 고정 구속 조건의 경우이며, 지면과 인체 모델의 다리 부 사이에 완전 고정 구속 조건의 모습이다. Fig. 8 (b)는 단순지지 구속 조건의 경우로서 지면에서 인체가 X 방향으로 밀리는 현상을 고려하기 위해서 구현한 모습이다. 이는 다리 근력이나 인체 체형에 따라서 달리 적용할 수 있다. 사격 시 인체가 뒤로 밀리는 현상과 밀리지 않는 현상을 시뮬레이션하기 위해서 ADAMS에서는 완전 고정 구속조건과 “롤러” 구속 조건을 사용하였다. 완전 고정 구속 조건은 인체의 발과 지면과 완전고정 조건을 주어서 인체가 해석이 진행되는 동안 지면에서 밀리지 않게 해석한다. “롤러” 구속조건은 인체의 발에 구를 삽입시키고, 인체와 구, 구와 지면과의 구속을 하여 인체가 일정 범위에서 밀리는 것을 허용하는 경계조건이다.



(a) All-fixed condition (b) Roll fixed condition

Fig. 8 Configuration of boundary condition with ground

2.2.2 파지 위치에 따른 해석

파지 위치의 변화에 따라 인체-화기계의 기하학적인 형상이 변한다. 이에 따라서 충격력등의 반응은 달라진다. 따라서 최적의 파지 위치를 찾는 고찰이 필요하다. 본 논문에서는 파지 위치에 따라

사격실험을 수행하였다.

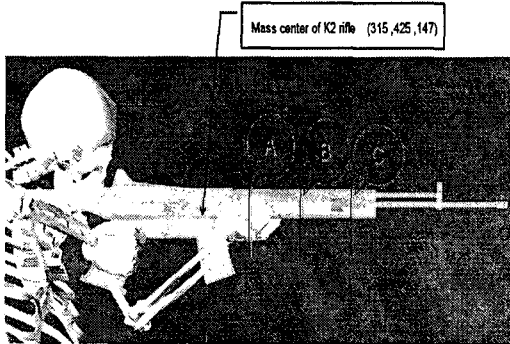


Fig. 9 Configuration of impact force with the grip position

Fig. 9는 왼손의 파지 위치를 변화시키며 충격력을 해석한 모습이다. 화기의 무게중심을 기준으로 10 cm 씩 오른쪽으로 변화시키면서 해석을 하였고 grip position A인 경우는 고각사격에 적합하고, grip position B는 수평파지 형태이며, grip position C의 경우는 저각사격 자세이다.

인체의 기하학적인 변화 즉, 팔 관절의 각도 변화에 따른 해석 결과를 고찰하고 충격력이 최소인 파지위치에 대해 고찰하였다.

2.2.3 인체충실지수에 따른 해석

인체충실지수를 고려하여 인체를 마른체형, 보통체형, 비만체형 등으로 구분하였고, 이에 대해서 인체충격력 특성을 해석하였다. 키 174 cm를 기준으로 하여 몸무게 53 kgf 인 인체충실지수 $R=1.0$ 인 모델과 키 174 cm, 69 kgf 의 $R=1.3$ 이며 20대 한국인 남성의 50% tile 모델, 그리고 키 174 cm, 몸무게 85 kgf 으로 인체 충실지수 $R=1.6$ 의 모델 등으로 분류하여 해석을 수행하였다.

2.3 총구 변위해석

사격 시 화기의 충격에 대한 거동은 병사의 입무지속성에 많은 영향을 미치므로 사격 시간동안의 K2화기에 대해 총구변위를 계산하였다. 해석은 ADAMS 2003 프로그램의 marker 좌표의 경로추적 방식을 적용하여 변위-시간이력을 얻었다.⁸

3. 사격 시험

3.1 사격 시험 구성

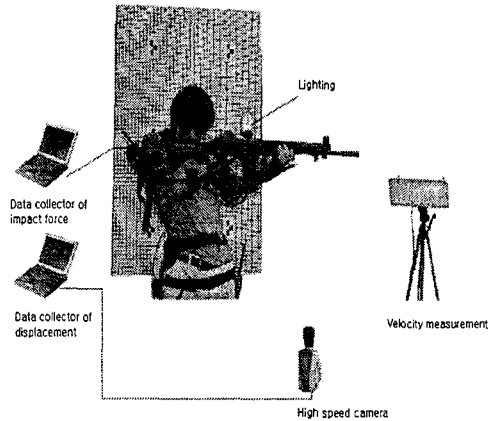


Fig. 10 Configuration of experimental setup

충격센서는 B&K 8201 을 사용하였고 센서의 측정범위는 -4000 ~ 16000 N 이다. 충격 센서를 단순히 화기 개머리판에 붙이고 어깨부 충격력을 측정할 경우 인체 충격력에 제대로 측정되지 않기 때문에 개머리판을 떼어낸 후 센서를 몸체와 개머리판 사이에 고정하였다.

Fig. 10 은 사격 실험 구성도 이다. 기준 좌표(reference plate)에서 사격 전 위치를 고정 하였다. 또한 길이에 대한 정보를 주어 고속카메라를 분석할 경우 기준길이(scaling gauge)가 된다. 화기로부터 획득되는 충격력 이력 정보는 노트북에서 데이터로 pulse 프로그램에서 정리되었다. pulse 프로그램은 충격력 센서의 측정값을 시간이력으로 수집하는 프로그램이다. 또한 사격 시 총구의 변위를 측정하고자 고속카메라를 사용하였고 데이터분석은 Phantom V5 프로그램에서 분석하였다. Phantom 프로그램은 고속카메라로부터 측정된 데이터를 분석하기 위한 프로그램으로 1024×1024 pixel SR-CMOS 이미지 센서를 사용하여 1초당 1200 화면을 기록 할 수 있다.

3.2 인체충격력 측정시험

본 절에서는 실제 사격실험에서 사격 시 어깨 견착부에서 걸리는 충격력을 직접 측정하기 위해서 Fig. 11 와 같이 충격력 센서를 장착하였다. 시험에 사용된 화기는 K2 이다. 실제 사격에서도 개념도와

같이 완충 고무판을 떼어내고 화기 안에 충격력 센서, B&K 8201을 설치하였다. 센서에서 측정된 정량적인 값은 pulse 프로그램을 통해 수집된다. 화기의 형상과 길이의 변화 등에 의한 오차는 화기의 길이에 비해서 작다. 따라서 오차에 의한 영향은 무시한다고 가정하고 결론을 도출하였다.

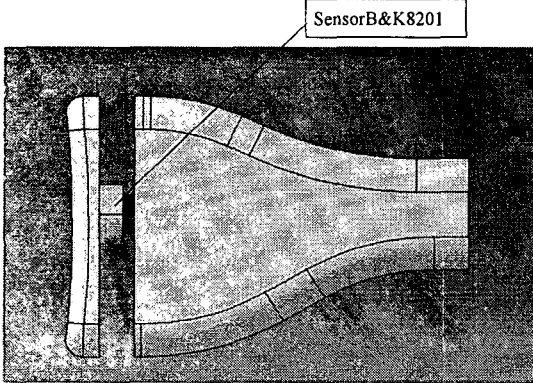


Fig. 11 Force sensor B&K 8201 used impact test for K2 rifle

3.3 파지위치에 따른 충격력시험

인체 모델이 화기를 지지 하는 위치, 즉 왼손 파지에 따른 충격력의 영향을 평가하기 위하여 실험을 수행하였다. Fig. 12 에서보면 화기의 무게 중심으로부터 파지 위치를 X 방향으로 10 cm 씩 변화시키며 충격력 실험을 실시하였다.

실제로, 왼손의 파지 위치는 저격 할 목표물의 높이에 따라서 그 위치를 달리하는데 왼팔은 화기대와 수직이 되도록 위치시킨다. 그리고 왼손은 "V"자 홈으로 형성하여 덮개를 가볍게 잡고 약간 뒤로 당기는 듯이 파지한다. 덮개를 잡을 경우 표적이 높을 때는 왼손을 몸쪽으로 가깝게 당겨서 화기구를 올라가게 하며 표적이 낮을 경우는 왼손을 전방으로 옮겨 잡아서 화기의 화기몸통치 바로 밑에 오도록 해야 한다.

따라서 본 연구에서는 파지 위치를 화기의 무게 중심을 기준으로 세 개로 나누어 충격 실험을 하였다. K2 화기를 사용하였고, 충격력 센서는 B&K 8201을 사용하였다.

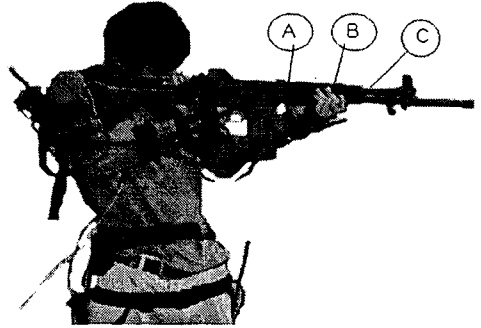


Fig. 12 Shooting position configuration of changing the grip position of left wrist due to compare the impact force

3.4 총구변위 측정시험

K2 화기의 경우에는 사격을 하면 화기열과 견착부위인 개머리판 사이의 상 하 높이차에 의해 모멘트가 발생하게 된다. 이때 왼손으로 화기를 파지하고 있기 때문에 총구가 1시 방향 상향으로 들리게 된다. 따라서 총구 끝에 1시 방향을 중심으로 한 3개의 가스 분출구를 만들어 가스일부를 나가게 함으로써 분출되는 가스의 힘에 의해 총구를 아래로 밀어주게 되어 총구가 1시 방향 상향으로 들리는 것을 방지 하고 있다. K2화기 경우는 소염기능 총구양등 즉, 사격시 총구가 상향으로 들리는 것을 방지하는 기능의 두 가지 기능을 동시에 가지는 총구장치가 장착되어 있다. 화기의 종류와 기하학 형상에 따라 모멘트력에 의한 총구변위가 달라진다. 따라서, 본 논문에서는 사격 시 총구의 변위를 측정하였다. Fig. 13는 고속 카메라의 모습이다. 사격 전후의 총구변위를 X-Y 2차원 평면에 대해서 측정하였다. Fig. 14은 사격후 Phantom V5 프로그램에서 변위를 측정하고자 총구에 표시(marker)를 해둔 모습이다. 총구 격발은 초기 총구의 들림과 화염의 분출로 확인 할 수 있고 각 프레임 마다 좌표를 읽고 변위 값들을 정리하였다.



Fig. 13 Configuration of the high speed camera

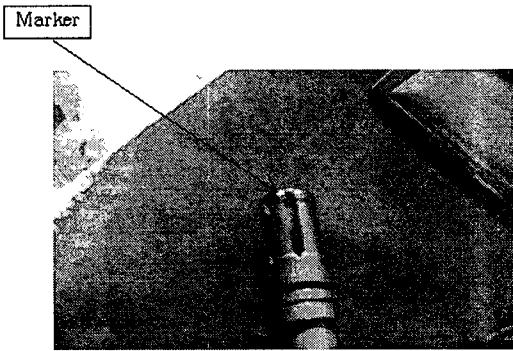


Fig. 14 Configuration of the K2 muzzle with marker

4. 결과 및 고찰

4.1 인체 충격력 해석

격발이 시작된 후 0.02초 이내에 최대충격력이 인체에 전달되며 어깨부에서 받는 최대 충격력은 784 N으로 측정되었다. 0.1초 이내에 K2 단발사격 시 격발이 완료되었음을 확인하였다. 두 번째 충격은 0.05초에 발생하였는데, 노리쇠에 의한 2차 충격은 350 N 이다. 단발 사격 시 사격의 주기는 0.1초 이고, 사격 격발 시간동안 화기의 충격량은 12.5 N·s 이다.

해석 결과 사격 실험과 비교하였을 때 뒤로 밀리지 않는다는 가정으로 구현된 인체모델이 더욱 타당하였으며, 이러한 가정은 실제 사격 시험으로 확인하였다. Table 2은 경계조건과 시험시 최대 충

격력 값이다. 사격 실험에서, 초기 격발시 최대 충격력은 784 N이다. 사격 시 인체가 지면에서 뒤로 밀리지 않는다고 가정한 해석의 최대 충격력 값은 722 N이다.

Fig. 15 은 사격 시 인체 어깨부위에서 받는 인체 충격력에 대한 시간이력이다. 파지위치는 B 위치이며, 인체충실지수 R 값은 1.18로서 약간 마른 체형이다. 최대충격력은 격발 후 0.004초 후 발생하였다. 해석결과 0.016초의 시간지연이 발생하였는데, 이는 실제 사격 시 센서의 신호 시간지연의 결과로 고찰하였다. 또한, 경계조건은 최대 충격력 값을 비교한 결과 완전고정으로 가정한 경계조건이 사격 인체 모델로 더욱 타당함을 확인하였다.

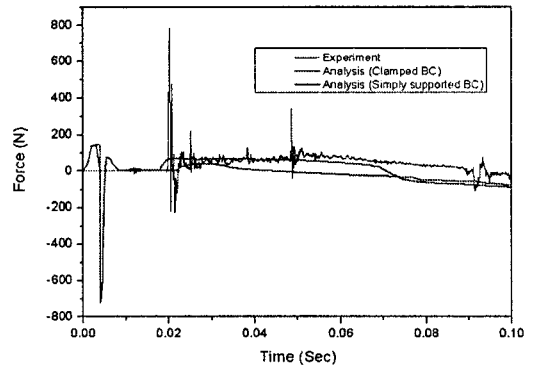


Fig. 15 Impact force time history with grip position B for R=1.17 subject

Table 2 Maximum impact force of shoulder on K2 shooting with grip position B for R=1.17 subject

Boundary condition	Maximum of the impact force (N)
Simply supported	716
Clamped	722
Experiment	784

Table 3 에서 보면 몸쪽으로 가깝게 파지한 파지위치 A의 경우 667 N으로 최대충격력이 가장 작게 계산되었다. 이 결과는 사격 실험의 경향과 일치한다. 또한 파지위치 B의 경우 최대충격력이 722 N으로 최대값이 발생했으며, 사격실험에서는 784 N으로 측정되었다. 충격력의 차이는 단순히 파지위치에 따른 인체형상 특성에 대한 원인보다는 팔관

절의 각도에 따른 근육의 강도와 단면적의 변화에 그 원인이 있다.

Table 3 Maximum impact force of shoulder on K2 shooting with three grip positions for R=1.17 subject

Grip position of the left hand	Maximum force of the human body impact	
	Analysis	Experiment
A grip position	667	720
B grip position	722	784
C grip position	700	766

Fig. 16 에서 보면 마른 체형 R=1.0 즉 키 174 cm , 몸무게 53 kgf 의 경우 최대 충격력은 795 N 으로 확인하였다. 최대 충격력 발생시간은 0.004초이다. 보통체형 R=1.3 즉 키 174 cm , 몸무게 69 kgf 모델의 최대 충격력은 0.0042초에서 659 N 이다. 그리고 비만체형인 R=1.6, 키 174 cm , 몸무게 85 kgf 의 모델은 0.0045초에서 652 N으로 확인하였다. 인체충실지수(R)의 증가에 따라 충격력 값이 감소하지만, 보통체형 이후에 충실지수 값의 증가는 충격력 감소에 많은 영향을 주지 못했다. 또한 인체가 비만인 경우 최대 충격력 발생시간이 마른 체형의 경우 보다 0.0005초 지연되었다.

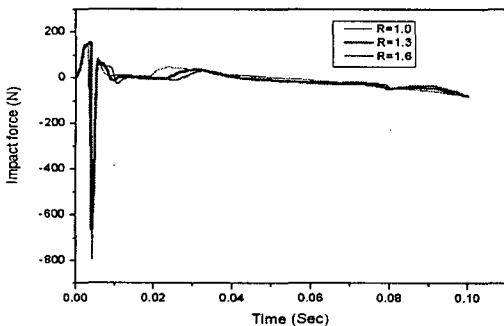


Fig. 16 Impact force time history result of the shoulder with grip position B for three R factor on shooting

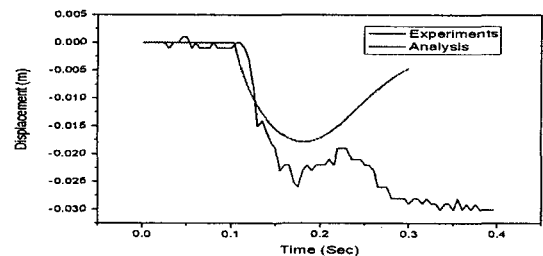
인체충실지수가 증가함에 따라서 같은 충격에 대해서 인체가 받는 최대 충격력이 작아지는 것은 같은 키에 대해 몸무게 즉 용적이 커질수록 인체가 받는 충격력이 작기 때문인 것으로 판단된다.

사격 시 실험치의 충격력 결과가 해석값과 비교

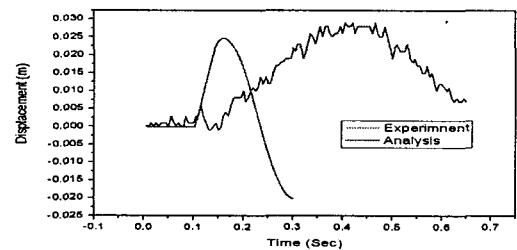
하였을 경우 항상 크게 나온 이유는 실험치의 충격 값은 센서를 화기의 개머리판에 부착 하였고, 결과적으로 충격력이 크게 나왔다.

4.2 총구 변위 결과

Fig. 17(a)는 X 방향으로의 총구의 변위를 나타낸다. 0.4초 일 때 최대 변위 값이 나오며, 최대변위 값은 X 방향으로 3 cm 이며, 격발최대 충격력에 의한 직접적인 변위는 아닌 것으로 고찰되었다. 또한 해석 결과는 0.16초 최대 변위가 발생하였고 1.75 cm 이다. 해석 결과 시험결과가 다른 이유는 실험 시 시간지연과 고속카메라 측정데이터 처리의 오차로 고찰하였다. Fig. 17 (b)는 Y방향의 총구변위를 도시하였다. 해석결과 최대변위는 2.5 cm, 시험결과 2.9 cm 이다.



(a) X-direction



(b) Y-direction

Fig. 17 Displacement results of the K2 rifle muzzle for R=1.17 subject shooting

5. 결론

K2 화기 사격 시 인체가 받는 충격력 시간이력 정량적으로 계산하였고 실험을 통하여 그 결과를 확인하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 한국인 20대 남성 50 %tile 에 해당하는 키

174 cm, 몸무게 62 kg의 사격 모델을 개발하였고, 사격실험을 통해서 그 모델을 검증하였다.

(2) 사격 격발 해석시 최대 충격력과 실험시 최대 충격력이 거의 일치함을 확인하였다. 최대 충격력 발생시간의 지연은 신호센서의 획득시간 지연에 의한 결과로 나타났다.

(3) 한국인 남성 20대의 50 %tile 에 해당하는 모델인 174 cm , 69 kgf 의 모델이 K2 화기 사격 시 받는 사격충격력의 정량적인 값은 659 N이다.

(4) 파지위치에 따른 충격력을 고찰하였고, 파지 위치는 세 가지 경우 중 수평파지 형태인 grip position B의 경우 충격력이 가장 크게 측정되었다.

(5) 인체 충실지수에 따른 해석 결과 비만체형이 더 적은 충격력을 받는다.

(6) K2화기 격발시 X방향 최대 총구변위를 계산한 결과 1.75 cm , 실험 결과는 3 cm 이었고, Y방향의 해석결과는 2.5 cm , 실험결과는 2.9 cm 의 정량적인 값을 얻었다.

후 기

본연구는 국방과학연구소기초연구(UD040002AD)의 지원을 받았으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Han, K. H., "Transferred Path Analysis of Impact Happened at the Human Model on the Shooting," A Master's thesis at CNU, pp.19-24, 2004.
2. Kim, H. J., Park, Y. P., Yang, H. S., Choi, E. J., Lee, S. B. and Hong, G. J., "A Analysis of the Damping system for generating tool of high shock," Journal of Sound Vibration, Vol. 12, No. 5, pp. 385-396, 2002.
3. Pankoke, S., Buck, B. and Woelfel, H. P., "Dynamic Fe-Model of Sitting Man Adjustable to Body Height, Body Mass and Posture Used for Calculating Internal Force in the Lumber Vertebral Disks," Journal of Sound Vibration, Vol. 215, No. 4, pp. 827-839, 1998.
4. Lee, Y. S., Choi, Y. J., Han, K. H., Chae, J. W., Choi, E. J. and Kim, I. W., "A Study on the Human Impulse Characteristics with Standing Shooting Posture," Key Engineering Materials, Vol. 297-300, pp. 2314-2319, 2005.
5. Lee, Y. S., Choi, Y. J., Han, K. H., Chae, J. W., Choi, E. J., "A Study on the Human Impulse Characteristics with major shooting position," KSME, pp. 459-464, 2004.
6. Kim, J. H., Park, S. C., Jang, M. H., Kim, C. J., "A Study on the measuring of human body of .Korean," Journal of the Human Engineering Society of Korea, 1989.
7. <http://www.LifeModeler.com/>
8. http://www.mssoftware.com/support/prod_s support /adams/
9. Sa, J. S., "The Sound and Vibration in Life," Chong-Mon Gak, 2003.
10. Lee, Y. S., Choi, E. J., Cho, Y. J., Han, K. H., Chae, J. W. and Kim, I. W., "A Study on the Human Impulse Characteristics with Standing Shooting Posture," Key Engineering Materials, Vol. 297-300, pp. 2314-2319, 2005.