

주퇴력 저감을 위한 연식 주퇴 메커니즘의 매개변수에 관한 연구[§]

양태호* · 이영신*[†] · 이규섭** · 전상배*** · 강국정****

* 충남대학교 기계설계공학과, ** RMS 테크놀로지(주), *** 현대위아, **** 국방과학연구소

A Study on Parameters of Soft Recoil Mechanism for Reduction of Recoil Force

Tae Ho Yang*, Young-Shin Lee*[†], Kyu-Sub Lee**, Sang-Bae Jun*** and Kuk-Jeong Kang****

* Dept of Mechanical Design Engineering, Chungnam Nat'l Univ.

** RMS Technology Co., LTD

*** HYUNDAI WIA Co.

**** Agency for Defense Development

(Received January 5, 2012; Revised April 10, 2012; Accepted April 18, 2012)

Key Words : Soft Recoil(연식 주퇴), Recoil Force(주퇴력), Initial Pressure(초기 압력), Firing Position(격발 위치)

초록: 연식주퇴 메커니즘은 전방 운동량으로 주퇴력을 감소시키는 메커니즘이다. 연식주퇴 메커니즘에 영향을 미치는 매개변수는 사격 각도, 복좌기의 초기 압력, 발사위치등과 같이 다양하게 존재한다. 이런 매개변수들은 연식주퇴 메커니즘에서 전방 운동량을 결정짓는 요소가 된다. 연식주퇴 메커니즘의 설계를 위해 몇 가지 적당한 조건들을 고려하여 전방 운동량에 영향을 미치는 매개변수들에 대해 연구하였다. 여러 가지 매개변수들 중에서 복좌기의 초기 압력과 사격 위치가 전방 운동량에 영향을 미치는 중요한 요소로 확인하였다. 복좌기의 초기 압력이 180 일 때, 주퇴력이 가장 낮은 값을 가진다.

Abstract: The soft recoil mechanism was an effective mechanism for reducing the recoil force by forwarding momentum. There were some parameters such as the fire angle, firing position, and initial pressure of the recuperator, which influenced the forwarding momentum. These parameters affected the generation of the forwarding momentum in the soft recoil mechanism. To design for the mechanism, the parameters affecting momentum were studied to consider some reasonable conditions. Among the various parameters, the initial pressure of the recuperator and firing position was confirmed as a key factor to have affected the momentum. It was determined that the recoil force had a minimum value when the initial pressure of the recuperator was 180.

1. 서 론

미래 전장에서는 다양한 전천후 환경 및 전방 위 작전 수행 능력 확보가 필수적이다. 특히 화력의 증가는 가장 중요한 목표 중 하나이다. 화력의 증가는 지시대로 전달되는 주퇴력이 증가하는 결과를 가져오게 되므로 주퇴력을 완화시킬 수 있는 새로운 제어 기술이 필요하다.

연식 주퇴 메커니즘은 기존 주퇴 메커니즘과 비슷한 과정으로 이루어진다. 기존 주퇴 메커니즘은 사격과정, 주퇴 과정, 복좌 과정의 3 단계로 이

루어져있다. 하지만 연식 주퇴 메커니즘은 사격이 발생하기 전에 전방 운동 단계를 구성하고 있다. 전방 운동 단계에서 발생하는 전방 운동량이 사격 충격량의 일정 비율을 상쇄시켜주게 되는 개념의 메커니즘이다.⁽¹⁻³⁾

연식 주퇴 메커니즘에 관한 연구는 국외에서는 1973년 Nerdahl 과 Frantz 에 의해서 연구되기 시작하여,⁽¹⁾ 많은 국가에서 연식 주퇴 메커니즘을 적용하고 실험을 통해서 기존 메커니즘과의 비교 분석을 수행하였다.^(2,3)

국내에서는 연식 주퇴 시스템에 관련된 제어 연구와 전방운동량에 관한 연구를 수행하였다.^(4,5) 그리고 연식 주퇴 시스템의 장착된 주요 부품들에 대해서 복좌 운동시 발생하는 운동부와 고정장치 사이의 충돌에 관한 응력 해석 및 연구를 수행하였다.⁽⁶⁻⁹⁾

§ 이 논문은 대한기계학회 2011년도 추계학술대회(2011.

11. 2.-4., EXCO) 발표논문임

† Corresponding Author, leeys@cnu.ac.kr

© 2012 The Korean Society of Mechanical Engineers

연식 주퇴 메커니즘에서 가장 중요한 요소 중 하나는 전방 운동으로 인해서 생기는 운동량이다. 전방 운동량으로 인해서 주퇴력이 감소하기 때문이다. 이 전방 운동량을 변화 시키는 매개변수에 대한 연구 또한 수행이 되었다.^(10,11)

본 논문에서는 주퇴력 감소에 영향을 미치는 매개 변수에 대한 영향을 알아보기 위해서 수치해석을 통해 동적 거동에 대한 결과를 얻었으며, 각 경우에 대한 주퇴력을 계산을 통해 주퇴력 저감을 위한 매개 변수에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연식 주퇴 메커니즘의 수학적 모델링

2.1 연식 주퇴 메커니즘의 운동 방정식

Fig. 1 은 연식 주퇴 메커니즘이 적용된 주퇴와 복좌 운동에 대한 자유 물체도를 구성한다 F_b , F_o , F_a , F_f , F_p , M_r 은 각각 약실력, 댐핑력, 가스-스프링력, 미끄럼 마찰력, 패킹 마찰력 그리고 주퇴 운동부 질량이 된다.

주퇴의 경우에 아주 짧은 시간에 입력에 해당하는 F_b 가 작용을 한다.(Fig. 1(a)) 그리고 복좌를 할 때는 입력에 해당하는 F_b 없이 압축된 가스-스프링력이 작동하여 원래의 위치로 돌아오게 된다.(Fig. 1(b))

지배 운동 방정식은 주퇴 운동을 하는 경우와 복좌 운동을 하는 경우 2 개로 나뉘게 된다. 자유 물체도를 기준으로 운동 방정식을 세우면 (1)과 (2)와 같다.⁽¹¹⁾

$$M_r \ddot{x} = F_b + W_r \sin \theta - (F_a + F_o + F_f + F_p) \quad (1)$$

$$M_r \ddot{x} = W_r \sin \theta + F_o + F_f + F_p - F_a \quad (2)$$

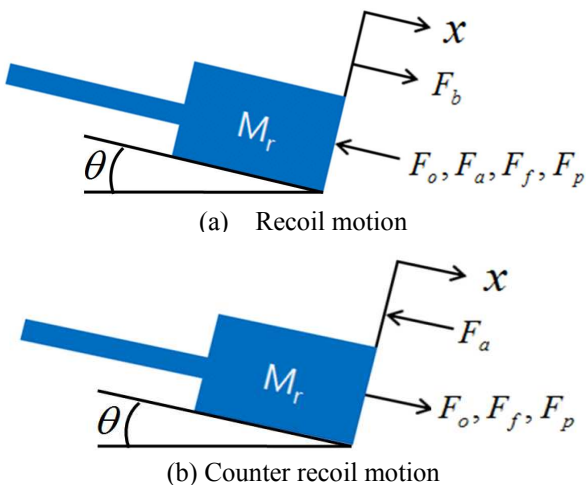


Fig. 1 Free body diagram of each motions : (a) recoil (b) counter recoil⁽¹⁰⁾

여기서 \ddot{x} 와 W_r 는 주퇴 운동부의 가속도와 무게를 의미한다. F_a, F_o 는 식 (3), (4)와 같다.^(12,13)

$$F_a = P_o \times \left(\frac{V_o}{V} \right)^n \times A_r \quad (3)$$

$$F_o = \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{A_o}{A_c} \times \dot{x} \right)^2 \times A_p \quad (4)$$

식 (3)은 가스-스프링력을 구하기 위한 공식으로

P_o	Initial pressure of the recuperator	
V_o	Initial volume of the recuperator	
V	Changed volume of the recuperator	(5)
n	Polytropic constant of gas	
A_r	Area of piston in recuperator	

폴리트로픽 공식을 사용하였다

식 (4)는 댐퍼내의 압력을 계산하는 공식으로 1 차원, 비압축성을 지니는 유체로 가정하여 해석을 수행하였다. 식 (3),(4)에 해당하는 기호는 (5),(6)과 같다.

ρ	Density of the oil	
A_o	Area of orifice	
A_c	Effective Area of orifice	(6)
\dot{x}	Velocity of the body	
A_p	Area of piston in damper	

식 (3), (4)를 식 (1), (2) 에 대입을 하여 정리해보면 식 (7)과 (8)과 같다.

$$M_r \ddot{x} = F_b + W_r \sin \theta - \left(P_o \times \left(\frac{V_o}{V} \right)^n \times A_r - \left(\frac{\rho}{2} \times \left(\frac{A_o}{A_c} \times \dot{x} \right)^2 \times A_p \right) - F_f - F_p \right) \quad (7)$$

$$M_r \ddot{x} = W_r \sin \theta - \left(P_o \times \left(\frac{V_o}{V} \right)^n \times A_r + \left(\frac{\rho}{2} \times \left(\frac{A_o}{A_c} \times \dot{x} \right)^2 \times A_p \right) + F_f + F_p \right) \quad (8)$$

식 (7)은 주퇴 운동에 대한 계산식이며, 식 (8)은 복좌 운동에 대한 계산식 이다. Fig. 1 에서 패킹마찰력(F_p) 와 미끄럼 마찰력(F_f) 은 존재를 한다. 하지만 댐핑력과 가스-스프링력의 크기에 비해 작기 때문에 0 이라고 놓고 계산한다.

2.2 수치 해석을 위한 알고리즘 구현

연식 주퇴 메커니즘은 기존 주퇴 메커니즘과는 다르게 격발이 일어나기 전에 전방으로 운동하는 메커니즘을 가진다. 실제 수치해석을 하기 위해서 격발이 일어나기 직전까지 전방운동을 하는 판단

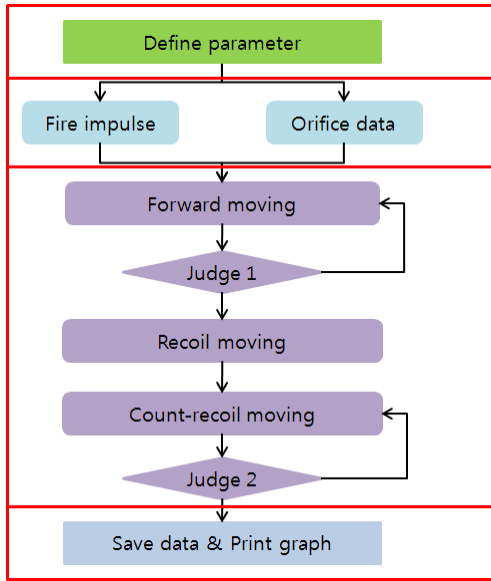


Fig. 2 Flow chart for numerical analysis of soft recoil mechanism

문이 필요하다.

그리고 특정 지점에 도달하면 격발이 이루어 지도록 하는 알고리즘이 필요하다. 이 알고리즘의 흐름도는 Fig. 2 와 같다.

반복계산을 하는 부분은 세 번째 영역이 된다. 세 번째 영역에서는 Judge 1 과 Judge 2 가 존재를 하게 되는데 Judge 1 에서는 사격이 일어나는 시점을 결정하기 위한 판단문이며, Judge 2 에서는 복좌 후 주퇴 운동부의 움직임 중지를 시키기 위한 판단문이 된다.

2.3 수치해석 방법 및 초기 조건

미분 방정식을 사용하기 위해서는 많은 수치해석적 풀이 방법들이 존재를 한다. 특히 초기 조건을 가지는 문제들에 대해서 수치해석을 할 수 있는 해석법은 데일러 해석법, 룬게쿠타 해석법, Predictor-corrector 해석법과 같은 여러 풀이 법이 존재 한다. 본 연구에서는 룬게쿠타 수치해석법을 기반으로 해석을 수행하였다.⁽¹⁴⁾

룬게쿠타 수치해석법에서도 중점 해석법(Midpoint method), 수정 오일러해석법 (Modified Euler method), 훈스 해석법 (Heun's method) 등이 존재 한다.⁽¹⁴⁾ 그 중 수정 오일러해석법을 이용하는 4 차 룬게쿠타 수치해석법을 사용하여 해석을 수행하였다.

본 연구에서는 메커니즘이 시작하기 전 정지해 있는 상태를 초기조건으로 가정하였으며, 초기 조건은 위치와 속도의 초기값이 모두 0 이어야 하므로 다음 (9)와 같다.

$$x(0) = 0, \dot{x}(0) = 0 \quad (9)$$

식 (7)과 (8)을 수치해석하기 위해서는 하나의 운동 방정식이 필요하므로 식 (10)과 같이 정의할 수 있다.

$$M_r \ddot{x} = F_b + W_r \sin\theta - \left[P_o \times \left(\frac{V_o}{V} \right)^n \times A_r \right] - \text{sign}(\dot{x}) \times \left[\left(\frac{\rho}{2} \times \left(\frac{A_o}{A_c} \times \dot{x} \right)^2 \times A_p \right) + F_f + F_p \right] \quad (10)$$

(10)에서 댐핑력과 패킹 마찰력, 미끄럼 마찰력은 주퇴 운동부의 속도 방향과는 반대이므로 이를 구현하기 위해서 속도의 부호를 고려해주는 명령어 $\text{sign}(\dot{x})$ 를 곱해주었다.

그리고 F_b 는 방정식 상에서는 항상 존재하는 것처럼 보이지만 실제 수치해석을 할 때, 사격이 이루어지는 조건을 만족하는 경우에 입력이 되도록 설정하였다.

메커니즘이 시작된 경우 특정한 위치에 도달하기 전에 계속 전방으로 운동을 하게 되며 이 위치에서 사격이 이루어지게 되므로 사격 발생 시간과 메커니즘의 한 주기 시간은 다르다. 이 위치를 사격 발생 위치라고 하며, 전방 이동거리가 146 이 될 때 격발이 이루어 지도록 조건을 설정하였다.

MATLAB 에서 제공하는 고차 룬게쿠타 해석법 코드에 적용하기 위해서 식 (11)의 표기법을 적용하여야 한다.

$$\begin{aligned} x(1) &= x \\ y(1) &= x(2) = \dot{x} \\ y(2) &= \dot{y}(1) = \ddot{x} \end{aligned} \quad (11)$$

식 (11)을 적용하여 (10)을 정리하면 식 (12)와 같다.

$$y(2) = \frac{\left[\begin{aligned} &F_b + W_r \sin\theta - \left(P_o \times \left(\frac{V_o}{V} \right)^n \times A_r \right) \\ &- \text{sign}(\dot{x}) \times \left[\left(\frac{\rho}{2} \times \left(\frac{A_o}{A_c} \times \dot{x} \right)^2 \times A_p \right) + F_f + F_p \right] \end{aligned} \right]}{M_r} \quad (12)$$

식 (11)에서 $x(1)$ 와 $x(2)$ 는 각각 위치와 속도를 나타낸다. 식 (11)을 이용하여 해석을 수행하였다.

3. 수치 해석 결과

3.1 기존 주퇴 메커니즘과 연식 주퇴 메커니즘의 해석 결과

기존 주퇴 메커니즘에 대해서 수치해석 결과와

Table 1 Values of parameters for the simulation of the conventional recoil mechanism

Parameter	Value
Forward moving displacement	0.6
Fire angle	1.125
Initial pressure of recuperator	81
Initial volume of recuperator	2970
Number of recuperator	1
Density of oil	850
Viscosity of oil	19.5
Bulk modulus of oil	1379
Analysis time	0.5

Table 2 Values of parameters for the simulation of the soft recoil mechanism

Parameter	Value
Forward moving displacement	216
Fire angle	1.125
Initial pressure of recuperator	100
Initial volume of recuperator	2000
Number of recuperator	2
Density of oil	850
Viscosity of oil	19.5
Bulk modulus of oil	1379
Analysis time	0.3

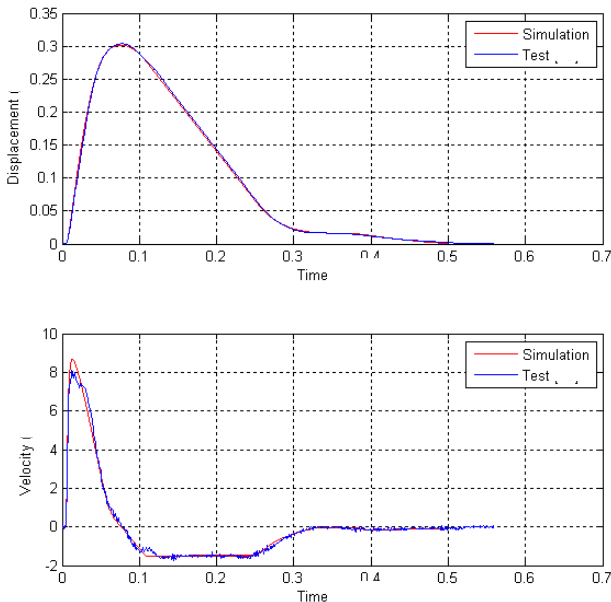


Fig. 3 Comparison of test with simulation for the conventional recoil mechanism

비교 검토하고 이 해석법에 대한 타당성을 검토하였다. 기존 주퇴 메커니즘의 해석을 위해서 Table 1의 조건을 적용하였으며, Fig. 3에서와 같이 해석 결과와 시험 데이터의 그래프가 잘 맞는 것을 확인할 수가 있다.

4차 룬게쿠타 해석법은 메커니즘의 해석을 하는데 적절한 해석방법으로 적용가능하다. 이 해석법을 기반으로 연식 주퇴 메커니즘에 적용하여 해석을 수행하였다.

연식 주퇴 메커니즘의 수치 해석을 수행하기 위해서 Table 2와 같은 여러 매개변수들에 대한 초기 값들을 정리하였으며, Fig. 4와 같이 동적 해석 결과와 시험 데이터 결과를 확인하였다.

Fig. 4에서 시간이 0.23에서 시뮬레이션 속도가 0이 되는 것을 알 수가 있다. 이 시간은 연식

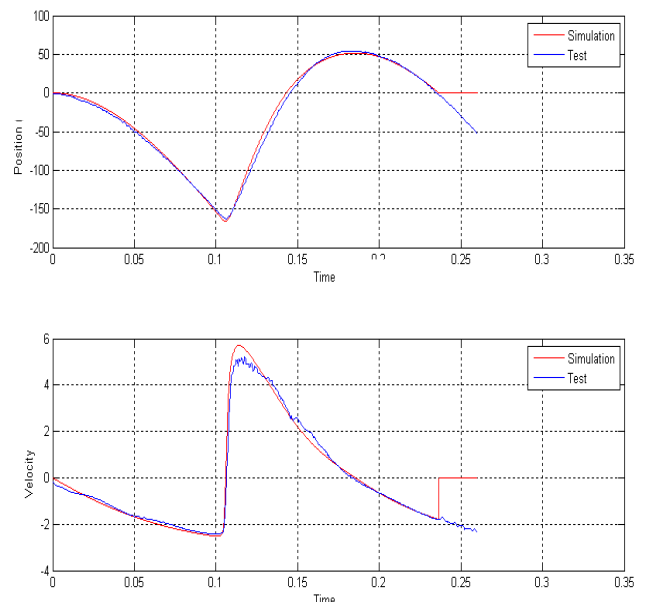


Fig. 4 Comparison of test with simulation for the soft recoil mechanism

주퇴 메커니즘에서 다시 장전 위치로 올 때, 주퇴 운동부가 정지하기 때문이다. 하지만 실제 시험에서는 주퇴 운동부가 정지하도록 하는 부품의 작동 오류로 인해서 정지하지 않았지만 시험 결과는 맞는 것을 확인할 수가 있다.

3.2 주퇴력 변화에 영향을 미치는 매개 변수에 관한 동적 해석

연식 주퇴 메커니즘을 이루는 여러 매개변수들은 Table 2와 같다. 이 중에서 유체의 밀도와 동점성도 그리고 벌크 상수는 고정된 유체를 사용하므로 고정 변수가 된다.

해석 시간은 주퇴 운동부의 위치가 0으로 돌아오는 시점의 시간이 다르기 때문에 해석을 하는 구간마다 바뀌게 된다.

Table 3 Dynamic results of the numerical analysis of the soft recoil mechanism under various firing angles

Firing angle	Displacement		Velocity		Recoil Force
	Counter recoil	Recoil	Counter recoil	Recoil	
10	-162.9	54.3	-2.4	5.8	356
15	-162.6	55.4	-2.4	5.8	360
30	-161.9	58.6	-2.3	5.9	371
45	-161.1	61.1	-2.2	6.0	382
60	-160.6	61.9	-2.1	6.0	390

Table 4 Dynamic results of the numerical analysis of the soft recoil mechanism under various initial pressure of recuperator

Initial pressure	Displacement		Velocity		Recoil Force
	Counter recoil	Recoil	Counter recoil	Recoil	
60	-159.0	70.1	-1.9	6.2	396
80	-161.3	62.0	-2.2	5.9	370
100	-163.4	52.1	-2.5	5.7	349
120	-165.3	40.9	-2.7	5.5	331
140	-167.1	28.9	-3.0	5.3	316
160	-168.8	16.5	-3.2	5.1	303
180	-170.3	3.97	-3.4	4.9	291

Table 5 Dynamic results of the numerical analysis of the soft recoil mechanism under various firing position

Firing position	Displacement		Velocity		Recoil Force
	Counter recoil	Recoil	Counter recoil	Recoil	
-120	-136.5	60.2	-2.4	5.7	377
-140	-157.2	54.1	-2.5	5.7	354
-160	-177.7	47.1	-2.5	5.7	340
-180	-198.1	38.9	-2.6	5.6	336
-200	-217.7	24.8	-2.6	5.3	604

그 외의 변수로는 전방 운동 거리, 사격 각도, 복좌장치의 초기 부피, 초기 압력 그리고 복좌기의 개수가 가변 변수로써 해석을 수행하게 된다.

3.2.1 사격 각도에 대한 동적 해석 결과

사격 각도는 10, 15, 30, 45, 60 으로 바뀔 때에 대한 해석을 수행하였으며, 본 해석 결과는 Table 3 과 같은 결과를 가진다.

3.2.2 복좌기의 초기 압력의 변화에 대한 동적 해석 결과

실제 복좌기의 초기 압력은 주퇴 운동부의 전방 운동에 영향을 준다. 초기 압력은 시험데이터 기준으로 100 을 기준하여 60 부터 최대 180 까지의 압력에 변화를 주어 해석을 수행하였다. 해석 수행 결과는 Table 4 와 같다.

3.2.3 격발 위치 변화에 대한 동적 해석 결과

본 해석을 수행하기 위해서 또 하나의 매개변수는 격발 위치이다. 격발 위치라는 것은 일정 지 점을 지나면서 약실내의 화약에 점화되는 위치를 의미한다. 본 해석을 하기 위한 초기 위치는 216 으로 -120 은 전방으로 이동한 거리를 의미하며 -120, 즉 96 은 격발이 이루어지는 위치를 의미한다. 그러므로 Table

5 에서와 같은 격발 위치는 각각 96, 76, 56, 36, 16 을 의미하며, 수치해석을 수행한 결과이다.

4. 해석 고찰

4.1 사격 각도 변화에 대한 고찰

사격 각도가 증가를 하면서 최대 전방 운동 속도는 감소와 함께 주퇴 운동 속도가 증가를 하게 된다. 이 속도의 증가는 주퇴력을 증가시키는 요인이 된다. 그러므로 사격 각도가 높아질수록 지지대에 더 큰 힘이 작용한다.

사격 각도는 1.125 를 기준으로 해석을 수행하였다. 이때 사격 각도가 증가할 수록 지지대에 큰 힘이 걸리게 된다.

4.2 복좌기 초기 압력 변화에 대한 고찰

복좌기의 초기 압력이 60 에서 20 씩 증가를 하면서 전방 운동 속도가 약 10 % 씩 증가를 하며, 주퇴 속도 약 4 % 씩 감소한다. 본 매개변수에 대한 해석을 통해서 전방 운동 속도와 주퇴 속도를 결정짓는 가장 중요한 요인 중 하나는 복좌기의 초기 압력이다.

초기 압력이 180 이상으로 증가하면 장전위치로 돌아오는데 문제가 발생하는 것으로 예상할 수가 있다.

따라서 초기 압력은 180 이하로 설정하여야 한다.

4.3 격발 위치 변화에 대한 고찰

격발 위치가 더욱 앞으로 변함에 따라서 주퇴력이 감소한다. 하지만 최대 전방 운동 속도와 주퇴 속도의 변화에는 크게 영향을 미치지 않는다. 이에 대한 이유는 전방으로 운동을 할 때, 약간의 댐퍼 내에 저항을 받아서 비례적으로 증가를 하지 않는다.

전방운동 속도가 큰 폭으로 감소하지 않음에도 불구하고 주퇴력이 줄어드는 것은 앞으로 갈수록 가변형 오리피스 면적이 늘어나게 되는데 이 변화로 인해서 유효 면적이 증가한다.

5. 결 론

본 연구에서 연식 주퇴 메커니즘의 동특성 분석 및 주퇴력 해석을 위한 연구를 수행하였으며, 주퇴력에 영향을 미치는 매개변수에 대한 연구 역시 수행되었다. 전방이동거리가 146 일 때 사격이 이루어지며, 복좌기의 초기 압력이 180 일 때 주퇴력이 최저값을 가지는 것을 알 수 있다. 주퇴력에 미치는 각각 변수의 영향은 아래와 같다.

▶ 사격 각도는 높아질수록 주퇴력이 소폭으로 증가한다.

▶ 복좌기의 초기 압력을 변화를 시킬 시 최대 40 정도의 차이가 발생한다. 주퇴력 변화에 가장 영향을 미치는 변수는 복좌기의 초기 압력이다. 그러나 복좌기의 초기 압력이 180 이상일 때는 운동부가 장전 위치로 오지 못하는 것을 예상된다.

▶ 격발 위치 변화에 따른 전방 운동 속도와 주퇴 운동 속도에 대한 영향은 작았다.

▶ 주퇴력을 저감을 위한 매개변수의 최적화를 통해 시스템의 목표치를 최대화할 수 있다.

참고문헌

- (1) Nerdahl, M. C. and Freantz, J. W., 1973, "Mathematical Models for Engineering Analysis and Design of Howitzer, Light, Towed : 105mm Soft Recoil XM204," *Artillery Weapon Systems Directorate Weapons Laboratory Technical Report*, R-RRA-S-3-28-73, Rock Island, Illinois.
- (2) Kathe, E. and Gast, R., "A Fire out of Battery Tank Gun : Theory and Simulation," *10th U.S. Army Gun Dynamics Symposium Proceedings*, Austin, TX, pp. 37~48.
- (3) Gast, R., Durocher, R., Kathe, E., Olsen, K., Gully, M. and Pigliavento, S., 2003, "Design, Testing, and Simulation of an Experimental 105mm M35 Fire Out-of-

- Battery(FOOB) Direct Fire Gun," US Army Armament Research, Development and Engineering Center Technical Report, ARCCB-TR-03013, Watervliet, NY.
- (4) Shin, C.B., Bae, J.S., Hwang, J.H., Kang, K.J., Ahn, S.T. and Han, T.H., 2009, "Control of a Soft Recoil System for Recoil Force Reduction," *Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol.18, No.7, pp.764~774.
- (5) Park, S. Y. , Bae, J.S., Hwang, J.H., Kang, K.J., Ahn, S.T., 2010, "A Study on the Forward Momentum of a Soft Recoil System," *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol.13, No.6, pp.976~981.
- (6) Kim , H. T., Lee, Y. S., Yang, T. H., Jun, S. B., Lee, K. S., Kang, K. J. and Ahn, S. T., 2010, "Structural and Dynamic Analysis on the Latch of Soft Recoil System Under Impact," *Proceeding for Autumn Conference of the Korean Society of Mechanical Engineers*, pp. 875~879.
- (7) Woo, D. H., Lee, Y. S., Lee, K. S., Jun, S. B., Ahn, S. T., Kim, H. I., 2010, "Dynamic Analysis of Recoiling Part According to the Counter Recoil Velocity using the LS-DYNA," *Proceeding for Autumn Conference of the Korean Society of Mechanical Engineers*, pp. 1497~1500.
- (8) Woo, D. H., Lee, Y. S., Lee, K. S., Jun, S. B., Ahn, S. T. and Kim, H. I., 2011, "Dynamic Analysis on the Latch of Soft Recoil System Under Counter Recoil Velocity," *Proceeding for Conference of the Korea Society of CAD/CAM Engineering* , pp. 1085~1088.
- (9) Kim, H. T., Lee, Y. S., Woo, D. H., Jun, S. B., Lee, K. S., Kang, K. J., Ahn, S. T. and Kim, H. I., 2011, "Structure Design on the Latch of Soft Recoil System," *Proceeding of Annual Conference of the Korean Institute for Military Science and Technology*, pp. 2062~2065.
- (10) Yang, T. H., Lee, Y. S., Lee, K. S., Jun, S. B., Cho, C. K., Hong, S. K., 2011, "A Study on the Parameter of the Soft Recoil Mechanism," *Proceeding of Annual Conference of the Korean Institute for Military Science and Technology*, pp. 2058~2061.
- (11) Yang, T. H., Lee, Y. S., Lee, K. S., Jun, S. B. and Kang, K. J., 2011 "A Dynamic Characteristic Analysis of the Soft Recoil Mechanism using MATLAB," *Proceeding of Spring Conference on Dynamics and Control Division of the Korean Society of Mechanical Engineers*, pp. 175~176.
- (12) Sonntag, Borgnakke, Van Wylen, " Fundamentals of Thermodynamics," 6th Edition, John Wiley & Sons
- (13) Fitch, E., C. and Hong, I. T., "Hydraulic Component Design and Selection," *Computerized Fluid Power Series*, Vol.1
- (14) Faires, J. D. and Burden, R., "Numerical Methods," Thomson & Brooks/Cole.