

고속 왕복 이송 시스템의 운동해석에 관한 연구

노 창 수* · 신 중 호*

The Kinematic Analysis of High-Speed Reciprocating Feeding Mechanism

Chang-Soo Roh · Joong-Ho Shin**

ABSTRACT

The method of simulation for ballistic feeding mechanical system is presented. Taking photograph of roller driven by a force of explosion, searches the motion of roller. The algorithm that a motion of roller is converted into a motion of cam is presented. Using central difference method, the angular velocity and acceleration of cam is evaluated.

1. 서 론

탄자를 이송하는 기구는 작은 공간에서 고속 및 정확한 운동이 요구된다. 허용공차내에서 각 요소의 정확한 운동을 유도하기 위해서는 컴퓨터를 이용한 이송시스템의 운동해석 및 시뮬레이션이 필요하다.

탄자 이송기구는 주로, 곡선형 역캠(curvilinear inverse cam)을 이용하는 데, 이는 직선운동을 회전운동으로 변환하는 장치이다. 변환된 회전운동은 로커아암의 회전운동으로 연결되고, 피

이더에 전달되어 다시 직선운동으로 변환되며 이때 탄자는 피이더에 의해 정확한 위치로 이송된다.

본 논문에서는 폭발력에 의해 구동되는 로울러를 고속촬영하여 이를 시간과 위치 함수로 데이터화 하고 이에 따른 캠운동을 유도하였으며 central difference method를 이용하여 캠의 각속도와 각가속도를 구하였다. 또한 이의 알고리즘을 프로그래밍하여 일반 기계 시스템의 운동해석 프로그램에 접목시켜 탄자 이송 시스템의 운동해석을 수행하였다.

*CAD/CAM실 선임연구원

2. 탄자 이송 시스템의 구조

탄자 이송 시스템의 모델은 Fig.1에서와 같이 로울러, 캠, 로커아암, 피이더로 구성되어 있다. 캠핀은 캠에 완전히 고정되어 있고 로커아암의 양단에 홈이 있어서 캠핀과 피이더는 각각 미끄럼 접촉을 할 수 있도록 연결되어 있다. 피이더는 로커아암의 운동에 종속되어 안내면을 따라 일 방향 미끄럼, 왕복운동을 하고 로울러는 수평방향의 직선 왕복운동만을 한다.

로울러는 노리쇠에 부착되어 있고 노리쇠와 Fig. 1의 원점에는 스프링이 연결되어 있어 노리쇠와 로울러를 X축 양의 방향으로 밀고 있다. 탄의 폭발력에 의해 노리쇠가 X축 음의 방향으로 후퇴하면 로울러 또한 후퇴한다. 이때 로울러는 노리쇠와 함께 직선운동을 하는데 캠은 곡선형상이므로 로울러의 움직임에 따라 캠은 원점을 기준으로 회전운동을 한다. 이 회전운동은 로커

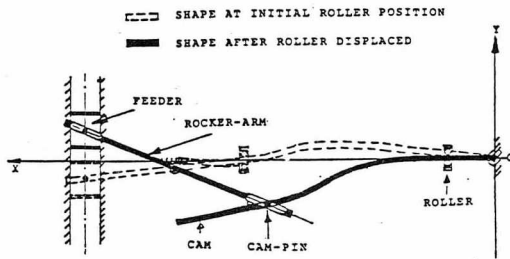


Fig.1. Cam-feeding 시스템의 모델

아암을 통해 피이더의 직선 왕복운동으로 바뀌고 이때 피이더는 탄을 순서대로 이송시킨다.

이 시스템은 폭발력과 이에 따른 스프링 반력의 상호 역학적인 관계로 인해 로울러의 직선 왕복운동이 고속으로 수행된다.

3. 해석 방법

탄자 이송 시스템을 해석하는데 있어서 고려

하여야 할 주요 사항은 다음과 같다.

- 1) 로울러의 운동을 어떻게 표현할 것인가?
 - 2) 로울러의 운동을 캠운동으로 변환시키는 알고리즘 구명
 - 3) 로울러의 kinematic 해석
- 위의 내용을 구체화하면 Fig.2와 같고 이를 각 항목별로 상술하면 다음과 같다.

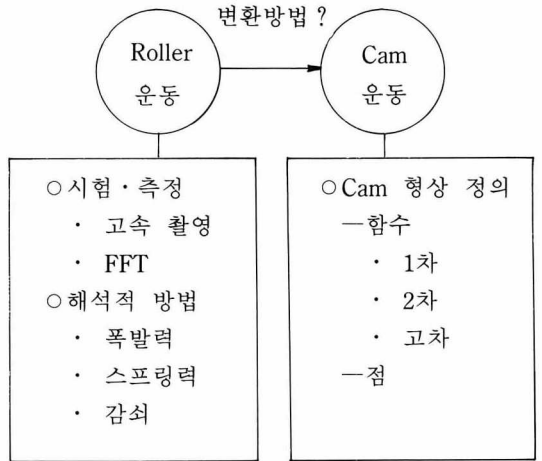


Fig.2. Roller 및 cam의 운동 해석방법

3.1 로울러 운동해석

로울러 운동의 구명은 Fig.2와 같이 시험·측정과 해석적 방법으로 크게 나눌 수 있다.

1) 시험·측정

로울러 운동을 시험·측정하는 방법들 중 본 논문에서는 고속카메라로 로울러의 움직임을 촬영하여 시간영역상에서 로울러의 위치를 측정하여 이를 표로 만들어 표현하였다. 이의 한 사이클만 보면 Fig.3과 같다.

Fig.3에서, 수직축은 로울러의 X축상에서의 상대위치를 나타내며 처음 방아쇠를 당기기 직전의 로울러 위치를 상대위치의 기준이 되는 원점(수직축상에서 0점)으로 설정하였다. 그리고 시간 0초 일때의 로울러 위치는 X축상에서 최대로 전진한 위치 즉 폭발이 일어나는 순간일 때의 위치이다.

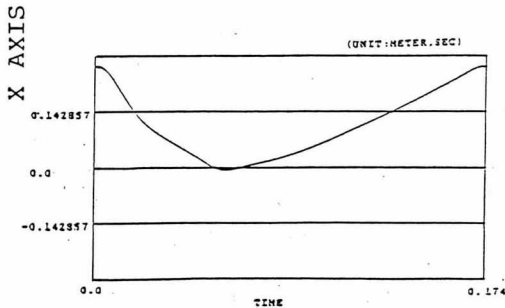


Fig.3. Roller의 시간영역상에서의 상대 위치

2) 해석적 방법

로울러가 운동할 수 있도록 작용하는 구동력 즉 폭발력을 구명하고 로울러 이동시 발생하는 스프링 반력, 감쇠, 노리쇠 부위의 무게 변화 및 캠 곡면에 따른 마찰등 관련 요인들을 분석하여 해석적으로 로울러의 운동을 구명할 수 있다.

본 논문에서는 해석적 방법을 고려치 않고 시험·측정방법을 택하여 로울러 운동을 구명하였다.

3.2 캠 운동으로의 변환

1) 캠 형상 정의

캠 형상을 표현하는 데에는 직선, 원, 타원, 포물선, 고차함수 및 임의의 점으로 표현할 수

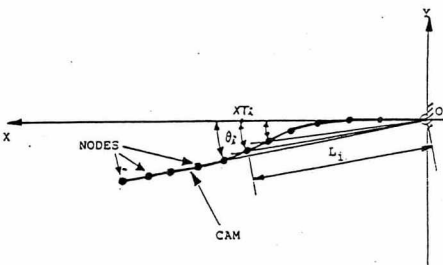


Fig.4. 점을 이용한 캠 형상 정의

있는데, 본 연구에서는 캠의 형상을 Fig.4와 같이 일정수의 점들의 집합으로 표현하였다. 이의 이

유는 형상변경 및 최적 형상유도가 용이하기 때문이다.

2) 캠 운동으로의 변환 알고리즘

Fig.4에서, 캠 형상을 n개의 절점으로 분할하고 각 절점간의 위치를 X_i 와 Y_i 로 정의하였다. 이때 원점에서 i번째 절점까지의 거리 L_i 는 다음과 같다.

$$L_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2} \quad , \quad i = 1 \sim n$$

$$= XT_i \dots\dots\dots (1)$$

로울러가 원점에서 L_i 만큼 X축상을 따라 움직일 때 즉 XT_i 에 위치하면 캠은 θ_i 만큼 회전한다.

$$\theta_i = \tan^{-1}(Y_i/X_i) \dots\dots\dots (2)$$

캠의 각속도와 각가속도는 central difference method을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$D_t = T_i - T_{i-1}$$

$$\dot{\theta}_i = (\theta_{i+1} - \theta_{i-1})/2 \cdot D_t$$

$$\ddot{\theta}_i = (\theta_{i+1} - 2\theta_i + \theta_{i-1})/D_t^2 \dots\dots (3)$$

3.3 프로그래밍

1) Roller-motion 프로그램

Fig.3에서, 임의의 시간에 대한 로울러의 위치를 시험을 통해 구하였다. 임의의 시간에 대한 로울러 위치가 식(1)의 XT_i 가 되며 이러한 데이터들이 이 프로그램에서 처리된다.

2) Cam-profile 프로그램

임의의 시간에 로울러 위치가 XT_i 에 오면 캠은 θ_i 만큼 회전이 일어 나는 데 이 기하학적 관계가 처리된다.

3) Cam 기구학적 해석 프로그램

Cam-profile 프로그램에서 T_i 시간에 회전각 θ_i 가 구하여지므로 식(3)을 이용하여 캠의 각속도 및 각가속도를 구한다. 이 구한 값들은 main프로그램에서 요구하는 형식에 맞도록 재구성된다.

4) Main 프로그램

시스템의 기구학 및 동역학적 해석을 수행하는

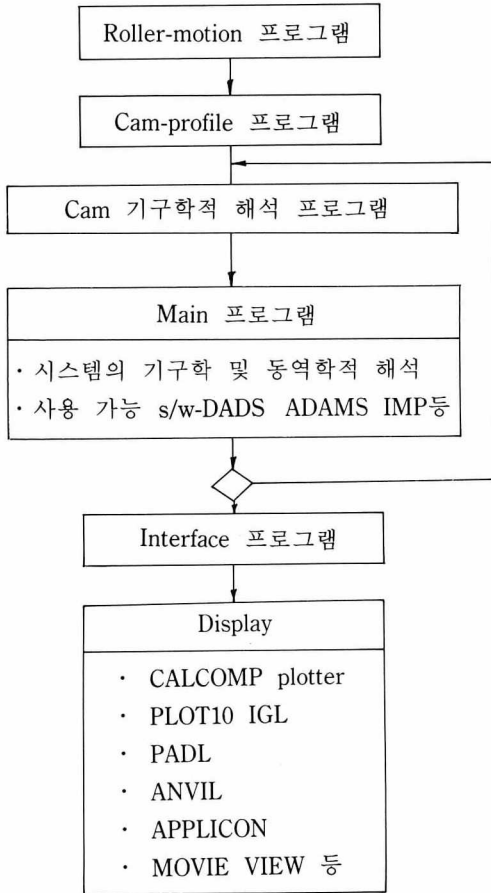


Fig.5. 프로그램 흐름도

프로그램으로서 시중에 널리 사용되는 s/w들이 Table 1에 비교 분석되어 있다. 간단한 시스템의 운동해석일 경우는 전용으로 만들어 사용하는 경우도 많다.

본 연구에서는 DADS을 사용하여 앞에서 개발한 프로그램들과 연결하여 시스템의 운동해석을 수행하였다.

5) Display

해석된 결과를 graphic s/w와 interface하여 그림으로 표현한다.

3.4 기구학적 모델링

Fig.1에 근거하여 이 시스템을 5개의 강체로 Fig.6와 같이 모델링 한다.

Tabel.1 Comparison of features of some general purpose computer codes

	DYMAC	IBRAN	IMP	ADAMS	DADS
Model Dimension	2D	2D	3D	2D/3D	2D/3D
Systems Modeled	Closed Loop	Closed/Open Loop	Closed Loop	Closed/Open Loop	Closed/Open Loop
Coordinate Type	Lagrangian	Lagrangian	Lagrangian	Cartesian	Cartesian
Loop Constraints/ Graph Theory	Yes	Yes	Yes	No	No
User Constraints/ Forcing Functions	Moderately Difficult	Moderately Difficult	Moderately Difficult	Moderately Easy	Easy
Lagrange Multipliers	No	Yes	No	Yes	Yes
Identification of Independent Variables	User	No	Program	No	Program
Integrate for Independent Variables Only	Yes	No	Yes	No	Yes
Sparse Matrix Techniques	No	No	No	Yes	Yes/No

Fig.6에서, 원점 0을 고정된 강체 B1이라 정하고 B1과 캠은 revolute joint로 연결되어 있다고 모델링 한다. 캠핀의 역할과 동일하게 모델링 하기 위하여 Z축 회전 중심축을 갖는 revolute joint와 translational joint로 모델링 한다. 즉 캠핀을 강체 B3라 정하고, 캠과 B3는 revolute joint로 연결되어 있고, B3와 로커아암은 translational joint로 연결되어 있다고 모델링한다. 로커아암은 강체 B4, 피이더는 강체 B5라 정하고, B4와 B5는 translational joint로 연결되어 있다고 모델링 한다.

B1은 고정되어 있으므로 모든 성분이 구속되고, 로커아암은 XY면 상에 고정되어 있으므로 X와 Y좌표값이 구속되어야 하며, B5 즉 피이더는 Y축으로만 움직여야 하므로 X좌표값을 구속하여야 한다. 이들 구속 조건들을 정리하면 다음과 같다.

탄자 이송 시스템 모델링(Fig.6 참조)

Bodies	Number of Constraints	
5 bodies		30
Constraints		
Revolute joint	(ground, cam)	5
"	(cam, B3)	5
Translational joint	(B3, rocker-arm)	5
"	(rocker-arm, feeder)	5
Ground constraint		6
Rocker-arm	(X, Y 구속)	2
Feeder	(X 구속)	1
		<hr/> 29

DOF = 30 - 29 = 1

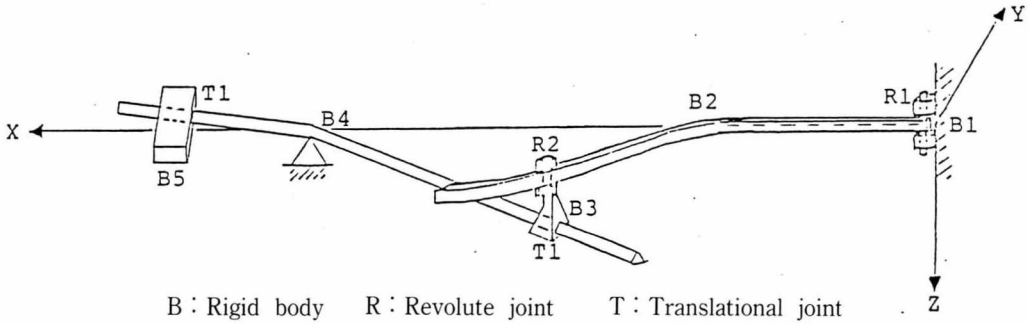


Fig.6. Joint를 이용한 모델링

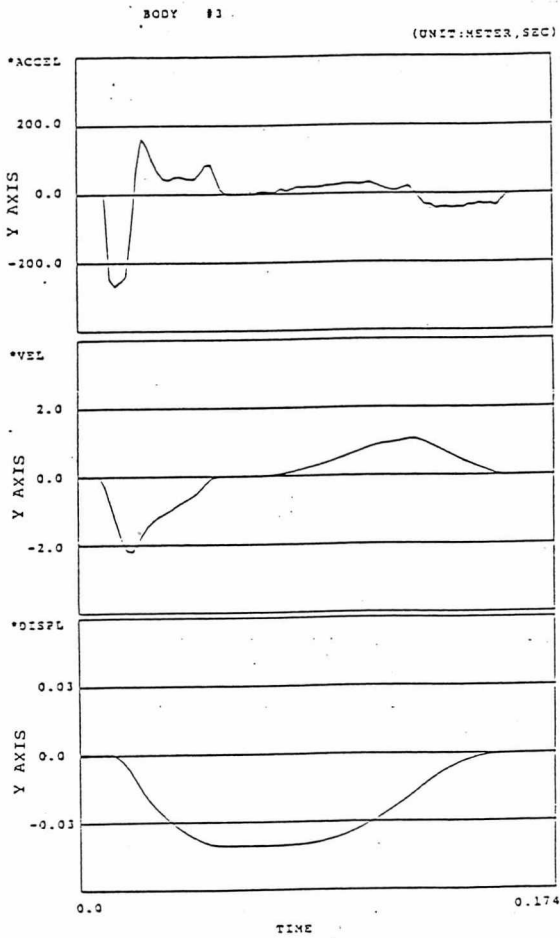


Fig.7. Cam-pin의 해석 결과

여기서, 1자유도(DOF)가 되는 이유는 Fig.4에서 캠이 Z축 회전으로 θ 만큼 운동한다는 의미이므로, 이 시스템의 모델링은 기구학적으로 만족한다.

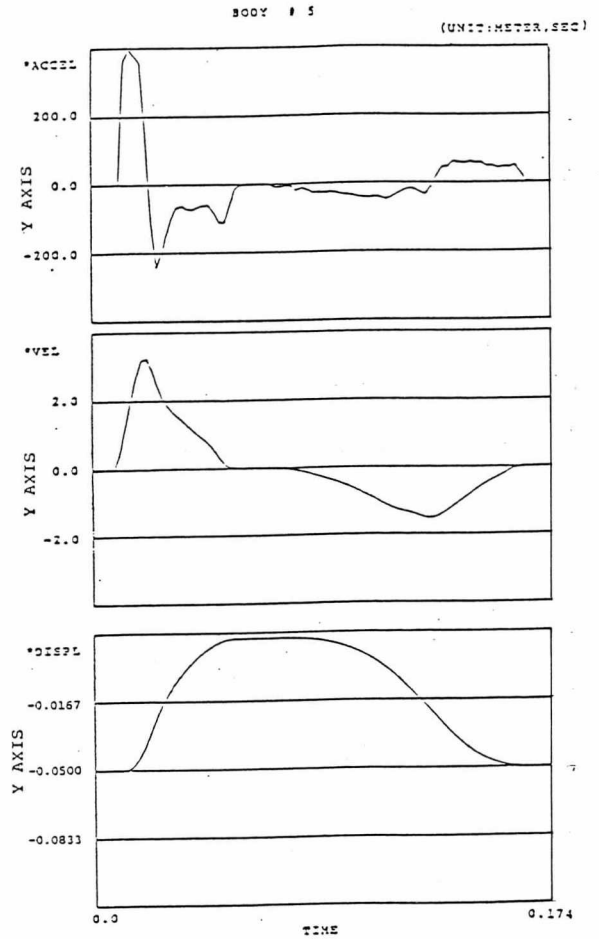


Fig.8. Feeder의 해석 결과

3.5 해석 결과

탄자 이송 시스템의 데이터들을 입력하여 Fig.5 프로그램을 수행한 결과 중에서 캠핀과 피이더에

대한 해석결과는 Fig.7, 8과 같다. 여기서 시간 축상의 0초는 폭발이 일어나는 순간 즉 탄이 발사되는 순간이다.

이 해석결과들의 속도 선도로부터 시스템의 최적거동을 구하고, 가속도 선도로 부터 힘관계를 분석하여 최적의 시스템 및 캠 형상을 설계한다.

4. 결 론

본 논문에서는 곡선 역 캠(curvilinear inverse cam)을 이용한 탄자 이송 시스템의 운동해석에

관하여 연구하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 임의 형상의 캠을 유한개의 절점으로 분할하고, 센트럴 디퍼런스법을 이용하여 캠 운동을 규명하는 방법을 제시하였다.

2) 곡선 역 캠의 회전운동을 직선운동으로 변환시키는 이송 시스템의 운동해석 방법을 제시하였다.

3) 본 연구에서 제시한 탄자 이송 시스템의 시뮬레이션 방법 및 s/w를 활용하면 캠을 지닌 기계 시스템의 운동을 해석할 수 있으며 또한 캠의 최적 형상을 구할 수 있다. ❖