

Inverse Cam Mechanism 설계에 관한 연구

김도현*(창원대 대학원 기계설계공학과), 신중호(창원대 기계설계공학과),
김중수(한국 기계연구원), 김상진(창원대 대학원 기계설계공학과),

A Study on Design Approach of Inverse Cam Mechanism

D. H. Kim(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept., CWNU), J. H. Shin(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept., CWNU), J. S. Kim(KIMM), S. J. Kim(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept., CWNU)

ABSTRACT

Cam mechanism is one of the common devices used in lots of automatic machinery. This paper introduces to an inverse cam mechanism. The inverse cam mechanism has a reverse structure as compared with common cam mechanism. For shape design of the inverse cam the approach used in this paper is an instant velocity center method that find the contact point between cam and roller at any contact time. And a computer program is developed for shape design and simulation by visual c++ language. As the results, this paper presents two examples for the shape design of the inverse cam mechanism in order to prove the accuracy of the design procedures.

Key Words : Inverse Cam Mechanism(역전 캠 기구), Instant Velocity Center Method(순간속도 중심법), Shape Design(형상설계), Cam(캠), Roller(롤러), Follower(종동절)

1. 서론

공작기계, 인쇄기계, 자동차 및 자동화기계에서 많이 사용되고 있는 캠은 필요한 모든 형태 운동을 발생시킬 수 있는 기구로서, 구동축의 회전에 대해 출력축의 운동을 특정 함수로 구성하는데 용이하므로 고 기능화 기계에서 매우 유용하게 응용되고 있는 기계요소이다.

일반적인 캠 기구에서는 캠은 고정되어 회전운동을 하며, 종동절이 운동을 전달하는 구조로 되어 있고, 종동절의 형태에 따라 여러 가지 타입으로 분류된다.

본 논문에서는 일반적인 캠 기구 형태와 다른 타입의 캠 기구를 제시하며, 순간속도 중심법^[1,2,3]을 사용하여 제안된 타입의 캠 형상을 설계한다. 또한, 제시된 이론을 바탕으로 캠 형상설계를 수행하는 자동화 시스템 구축을 위한 전산원용 프로그램을 개발하고 제시한 이론과 프로그램의 효능성을 2가지 예제에 적용하여 이론과 프로그램을 검증하였다.

2. Inverse Cam Mechanism 정의

일반적인 캠 기구에서는 캠은 고정되어 회전운동을 롤러에 전달하며 롤러가 종동절에 운동을 전달한다. 여기서 Fig. 1의 (a)는 일반적인 요동운동용 종동절을 가진 캠 기구이고, (b)는 일반적인 병진운동용 종동절을 가진 캠 기구를 보여 준다.

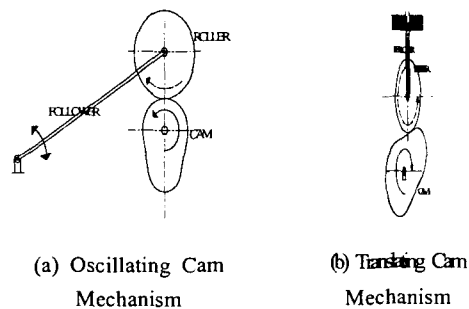
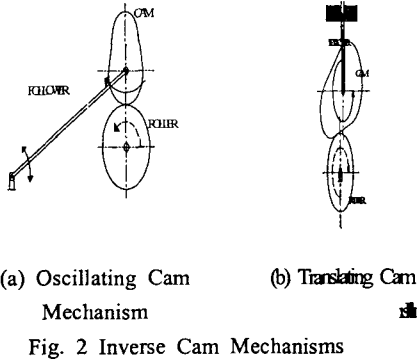


Fig. 1 Common Cam Mechanisms

역전 캠 기구(Inverse Cam Mechanism)는 종동절과 캠이 결합된 형태로서 롤러는 고정되어 있고 캠이 종동절에 결합되어 캠의 회전에 의해 종동절 운동을 발생시키는 구조로 되어있는 새로운 형태의

캠 기구이다. Fig. 2의 (a)는 요동운동용 종동절을 가진 역전 캠 기구(Oscillating Inverse Cam Mechanism)이고, (b)는 병진운동용 종동절을 가진 역전 캠기구(Translating Inverse Cam Mechanism)이다.



3. 역전 캠(Inverse Cam) 설계

3.1 요동운동용 종동절을 가진 캠 (Oscillating Inverse Cam) 설계

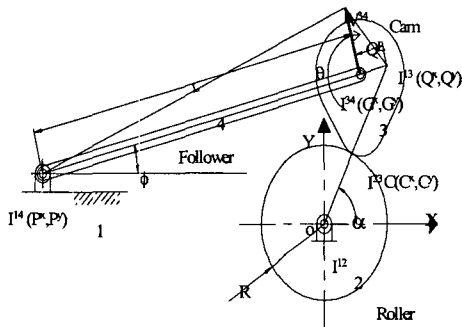


Fig. 3 Oscillating Inverse Cam Mechanism

Fig. 3은 캠 회전에 대해서 종동절이 요동운동을 하는 요동운동용 종동절을 가진 캠(Oscillating Inverse Cam)기구이다. L 은 종동절의 길이이며, I_{14} 은 링크1과 링크4의 순간속도 중심이고, (P_x, P_y) 는 피봇점으로서 롤러 중심을 원점으로 한 좌표를 의미한다. R 은 롤러 반경이고 Q_L 은 I_{34} 과 I_{13} 사이의 거리이다. (C_x, C_y) 는 캠과 롤러의 접촉점이며, V_{34} 는 순간속도 중심 I_{34} 에서의 순

간속도이다. I_{34} 는 링크3와 링크4의 순간속도 중심이며 캠의 중심 (G_x, G_y) 과 일치한다. I_{13} 은 링크1과 링크3의 순간속도 중심 (Q_x, Q_y) 이며, θ 은 캠의 회전각도이다. 여기서 링크1은 그라운드(ground)이고 링크2는 롤러, 링크3은 캠이며 링크4는 종동절이다.

Fig. 3에서 I_{14} 의 순간속도 V_{34} 은 식(1)과 같고, I_{13} 의 순간속도 V_{34} 은 식(2)로 표시된다. 여기서, 식(1)과 식(2)의 V_{34} 가 같으므로 정리하면 식(3)이 된다.^[1]

$$V_{34} = L \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

$$V_{34} = Q_L \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (2)$$

$$Q_L = L \cdot \frac{d\phi}{d\theta} \quad (3)$$

식(3)을 이용하면 순간속도 중심 I_{13} 의 좌표를 식(4)와 같이 정리하고, 이를 이용하여 롤러 중심에서 접촉점을 지나는 접촉경사각을 구할 수 있는데, 식(5)와 같다. 결국 캠의 형상인 접촉점의 좌표는 접촉경사각을 이용하여 식(6)과 같이 정리 할 수 있다.

$$\begin{aligned} Q_x &= (L + Q_L) \cos \phi + P_x \\ Q_y &= (L + Q_L) \sin \phi + P_y \end{aligned} \quad (4)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(-\frac{Q_y}{Q_x} \right) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} C_x &= R \cdot \cos \alpha \\ C_y &= R \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (6)$$

3.2 병진운동용 종동절을 가진 캠(Translating Inverse Cam) 설계

Fig. 4는 캠 회전에 대해서 종동절이 병진운동을 하는 병진운동용 종동절을 가진 캠(Translating Inverse Cam)기구이다. R 은 롤러의 반경이며, Q_L 은 I_{13} 과 I_{34} 사이의 거리이다. I_{23} 은 링크2와 링크3의 순간속도 중심 (C_x, C_y) 이며, V_{34} 은 I_{34} 의 순간속도이다. I_{34} 는 링크3와 링크4의 순간속도 중심이며 캠의 중심 (G_x, G_y) 이다. I_{13} 은 링크1과 링크3의 순간속도 중심 (Q_x, Q_y) 이다. I_{12} 는

링크1과 링크2의 순간속도 중심이고 롤러의 중심 (O_x, O_y)이다. E 는 Y 축으로부터 편심된 거리이고, θ 는 캠의 회전각도이다. 여기서 링크1은 그라운드(ground), 링크2는 롤러, 링크3은 캠이며, 링크4는 종동절이다.

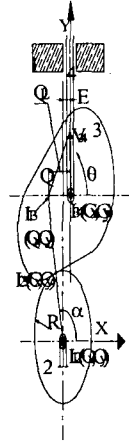


Fig. 4 Translating Inverse Cam Mechanism

Fig. 4에서 I_{13} 에 대한 I_{34} 의 순간속도 V_{34} 은 식(7)과 같다.

$$V_{34} = Q_L \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (7)$$

또한, 순간속도 V_{34} 는 종동절의 속도로서 식(8)로서 정의할 수 있다. 여기서 식(7)과 식(8)의 V_{34} 이 같으므로 식(9)로 정리된다.

$$V_{34} = \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (8)$$

$$Q_L = \frac{dy}{d\theta} \quad (9)$$

Fig. 4에서 E 는 Y 축과 캠 축의 편심된 거리이고, 캠의 회전에 의해 생기는 종동절의 Y 방향 변위 y 와 기초원 반지름 L_0 를 이용하면 캠의 지지점의 좌표는 식(10)과 같다.

$$G_x = E$$

$$G_y = y + \sqrt{(R + L_0)^2 - E^2} \quad (10)$$

식(9)와 식(10)을 이용하면 순간속도 중심 I_{13} 인 Q 점의 좌표는 식(11)과 같이 정리되고, 접촉경사각

은 식(12)와 같다. 따라서 캠의 형상에 해당되는 접촉점의 좌표는 식(13)과 같다.

$$Q_x = G_x + Q_L$$

$$Q_y = G_y \quad (11)$$

$$\tan \alpha = \frac{Q_y}{Q_x} \quad (12)$$

$$C_x = R \cdot \cos \alpha$$

$$C_y = R \cdot \sin \alpha \quad (13)$$

4. 설계적용 및 시뮬레이션

앞서 제시한 방법에 의해 Visual C++ 프로그램을 이용하여 설계 및 시뮬레이션용 프로그램을 제작하였고 병진운동용 역전 캠 기구와 요동운동용 캠 기구를 설계하고 설계된 형상을 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 검증하였다.

4.1 예제1: 요동운동용 종동절을 가진 캠 설계

캠 설계를 위해 먼저 종동절의 운동이 주어져야 한다. Fig. 5은 캠 설계를 위한 변위선도를 보여준다.

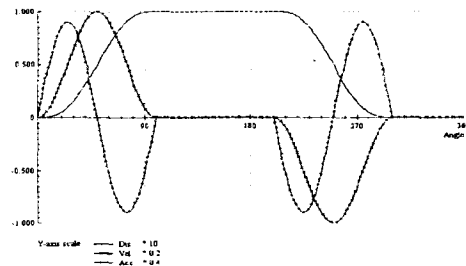


Fig. 5 Displacement, Velocity and Acceleration Curves for Design Process

설계된 캠의 형상은 Fig. 6과 같고 시뮬레이션의 결과로 캠 운동과 형상설계의 정확성을 동시에 확인할 수 있다.

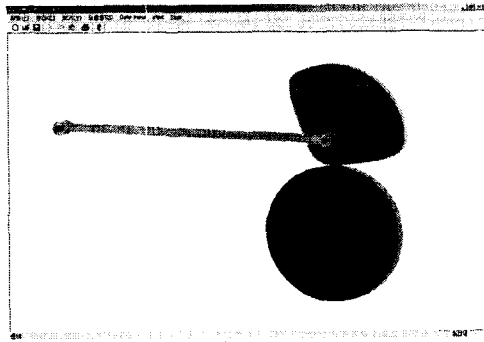


Fig. 6 Simulation of Oscillating Inverse Cam Mechanism

4.2 예제2: 병진운동용 종동절을 가진 캠 설계

캠 설계를 위해 먼저 종동절의 운동이 주어져야 한다. Fig. 7은 캠 설계를 위한 변위선도를 보여준다.

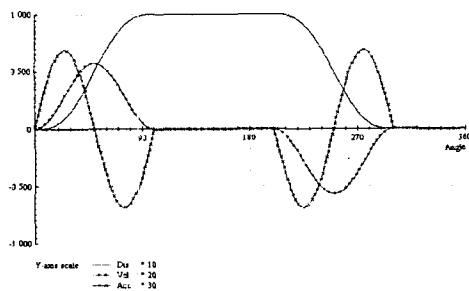


Fig. 7 Displacement, Velocity and Acceleration Curves for Design Process

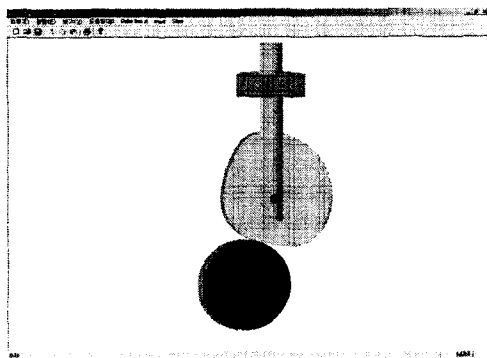


Fig. 8 Simulation of Translating Inverse Cam Mechanism

설계된 캠의 형상은 Fig. 8과 같고 시뮬레이션의

결과로 캠 운동과 형상설계의 정확성을 동시에 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 공작기계, 자동차 등의 자동화 기계에 많이 쓰이고 있는 캠 기구 중에 역전 캠 기구 (Inverse Cam Mechanism)를 정의하고, 순간속도법을 사용하여 역전 캠(Inverse Cam)의 설계방법을 제시하였다. 또한 제시한 이론을 바탕으로 설계 자동화를 위한 프로그램을 개발하였다. 제시한 이론과 프로그램의 검증에 위해 2가지 예제를 적용하여 이론과 프로그램의 효능성을 검증하였다.

역전 캠 기구(Inverse Cam Mechanism)는 캠이 직접 운동을 수행하는 특성을 가진 기구로서 특수목적용 자동화 장치에 널리 이용될 수 있으며, 특별한 부대 장치 없이 기존의 캠 기구를 대체 할 수 있는 기구로 유용하게 활용 될 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 신중호, 김종수, "디스크형 캠 기구의 설계를 위한 순간속도 중심설계법 연구," 산기연 논문집, 제8집, 제6권, 창원대학교, pp.136-129, 1994.
2. 김종수, ""원반 캠기구의 설계해석 자동화를 위한 형상설계와 운동해석에 관한연구," 박사학위논문, 창원대학교, 1996.
3. 강동우, "다축제어용 원반캠과 원통캠의 복합기구의 설계자동화에 관한 연구,"박사학위논문, 창원대학교, 2000.
4. J. E. Shigley, J. J. Uicker, "Theory of Machines and mechanism," pp.226-241, 1980.
5. G. H. Martin, "기구학," 성안당, pp.196-228, 1984.
6. R. L. Norton, "Design of machinery," 2nd edition, McGrawHill, pp. 400-426, 1999.