

접선 캠의 형상설계 및 운동해석을 위한 CAD시스템 개발

CAD System Development for Geometric Design and Motion Analysis of Tangential Cam

조 성 철*·송 정 섭**
Sung-Chul Cho·Jeong-Seob Song

ABSTRACT

To purpose of this study is to model design and motion analysis of tangential cam mechanism using personal computer system. The CAD(Computer Aided Design) system used in this study was constructed with CPU(Central Processing Unit) 80486, RAM(Random Access Memory) 8M, CGA graphic card.

By using developed program for tangential cam mechanism, we designed tangential cam models and analyzed displacement, velocity, acceleration of follower.

1. 서 론

접선 캠을 이용한 캠(cam)기구는 구동부인 캠과 이에 접촉하여 운동을 전달하는 종동절로 구성되며, 열기관실린더 밸브 개폐 유지 및 각종 공작기계의 운동 전달을 위해 광범위하게 사용¹⁾되고 있다.

따라서 캠이 사전에 정해진 운동을 정확히 전달하기 위해서는 캠의 윤곽 형상과 종동절의 선단에 비 접촉부가 없어야 하며, 이를 위해 비 접촉부가 발생하지 않고 설계가 쉬운 접선 캠이 널리 사용되

고 있다.

접선 캠은 형상 설계시 종동절의 변위를 미리 가정하지 않고 캠 윤곽을 결정한 후 거기에 따라 종동절의 변위가 결정²⁾되기 때문에, 캠의 가공전 컴퓨터를 통한 형상설계 및 캠의 회전 운동에 따른 종동절의 변위, 속도, 가속도 등의 운동해석은 필수적이라 하겠다.

캠의 형상 설계는 대개 캠의 윤곽형상에 대한 연속적인 점 데이터를 얻어 부드러운 곡선으로 연결하여 형성^{3,4)}하는 방법이 많이 사용된다.

그러나 이러한 제작 방법은 다양한 캠의 형상설

* 충청전문대학 산업안전과

** 한보철강(주) 제강부

계는 가능하지만 수식화가 어렵기 때문에 캠의 운동에 대한 중동질의 변위, 속도, 가속도 등을 예측하기가 어려울 뿐만 아니라 설계에 있어서도 많은 노력과 시간이 소요된다.

따라서 본 연구에서는 접선 캠에 대한 수학적인 설계 조건을 도입하여 형상 설계를 하고, 캠의 회전각 변화에 따른 중동질의 변위, 속도, 가속도등을 정확히 예측할 수 있는 접선 캠의 운동해석 알고리즘을 제시한다.

또한 널리 보급되어 있는 PC(personal computer)를 사용하여 양장(D), 기초 원의 반지름(R₁), 코끝원의 반지름(R₂), 중동질이 1사이클(cycle)을 이루는 시간(T)만 입력하면 접선 캠의 형상이 설계되고 캠의 회전속도(rpm)가 자동으로 결정되며, 캠의 회전 각도에 대한 중동질의 변위, 속도, 가속도의 운동 특성이 정확히 계산되는 캠의 형상 설계 및 운동해석 프로그램을 구성하여 실행하고자 한다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 사용된 CAD 시스템은 PC와 플로터를 사용하여 구성하였다. PC의 구성요소는 RAM 8 Magabyte, 32bit CPU인 Intel 80486과, CGA graphic card를 사용하였다.

3. 관련 이론

3.1 형상 설계

접선 캠은 Fig. 1에서와 같이 기초원(basic circle)과 코끝원(nose circle)을 공통 접선으로 연결한 직선(line)과 호(arc)가 연결되어 구성된다.

따라서 접선 캠의 형상 설계는 기초원과 코끝원을 기초로한 공통 접선부의 접점인 호의 양 끝점 좌표를 직선으로 연결하여 생성하였다.

좌표 O(X₀, Y₀)을 중심으로 한 반지름 R₁인 호(P₁, P₄)의 각도 θ_L은

$$\theta_L = \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{R_1 - R_2}{2C}\right) \dots\dots\dots (1)$$

를 사용하여 구하였으며,

좌표 On(X_n, Y_n)을 중심으로 한 반지름 R₂인 호(P₂, P₃)의 각도 θ_s는

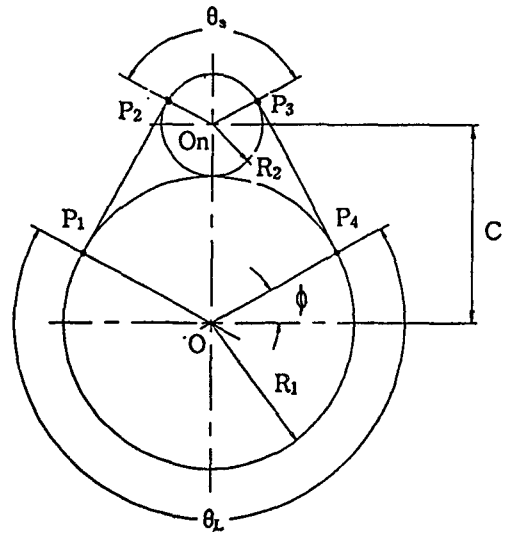


Fig. 1 Model of tangential cam

$$\theta_s = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{R_1 - R_2}{2C}\right) \dots\dots\dots (2)$$

를 사용하여 계산하였다.

또한 극 좌표값을 계산하기 위한 각 Φ는

$$\Phi = 2\sin^{-1}\left(\frac{R_1 - R_2}{2C}\right) \dots\dots\dots (3)$$

를 사용하였다.

원호에 접하는 접점 P₁, P₂, P₃, P₄의 각 좌표점들은 극좌표의 함수 (R, θ)를 도입하여 계산하였다.

P₁(X₁, Y₁), P₄(X₄, Y₄)의 좌표값은 O(X₀, Y₀)를 중심으로한 값으로서

$$X_1 = R_1 \cos(180 - \Phi) \quad Y_1 = R_1 \sin(180 - \Phi) \dots (4)$$

$$X_4 = R_1 \cos(\Phi) \quad Y_4 = R_1 \sin(\Phi) \dots\dots\dots (5)$$

를 이용하여 구하였다.

좌표 On(X_n, Y_n)를 중심으로 한 좌표값 P₂(X₂, Y₂), P₃(X₃, Y₃)는

$$X_2 = R_2 \cos(180 - \Phi) \quad Y_2 = R_2 \sin(180 - \Phi) \dots (6)$$

$$X_3 = R_2 \cos(\Phi) \quad Y_3 = R_2 \sin(\Phi) \dots\dots\dots (7)$$

를 사용하면 구할 수 있다.

3.2 운동해석

접선 캠의 운동은 기초원에 근거한 호의 운동과, 캠의 크랭크인 직선부의 운동, 그리고 코끝원

에 기초한 호의 운동은 크게 3부분으로 구분되며 캠이 ω (각속도)로 회전할때 캠각(θ)에 대응되는 종동절의 변위, 속도, 가속도의 변화량을 구하면 된다.

이때 기초원의 호 부분 운동은 종동절의 변위, 속도, 가속도가 모두 0이기 때문에 직선부와 코끝 원을 기초로한 원호의 해석으로 접선 캠의 운동해석이 가능하다.

3.2.1 직선부의 해석

직선부의 해석은 Fig. 2에서와 같이 직선 구간 (P_1, P_2 와 P_3, P_4)에서 θ 에 대응하는 종동절의 변위(y), 속도(v), 가속도(a)에 대한 공식²⁾은 다음과 같이 구할 수 있다.

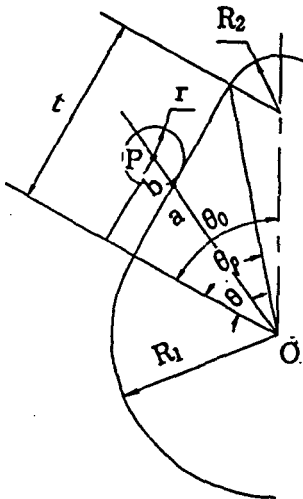


Fig. 2 Follower motion of tangential part

$$y = (R_1 + r) \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$v = (R_1 + r) \frac{\tan \theta}{\cos \theta} \omega \dots\dots\dots (9)$$

$$a = (R_1 + r) \frac{1 + \sin^2 \theta}{\cos^3 \theta} \omega^2 \dots\dots\dots (10)$$

3.2.2 코끝원호부의 해석

코끝원을 기초로한 호의 해석은 Fig. 3과 같이 종동절 선단의 로울러가 P_2 에서 P_3 까지 원호 구간을 운동할 때이며, θ 에 대한 종동절의 변위, 속도, 가속도의 공식²⁾은 아래와 같다.

$$y = (e^2 - f^2 \sin^2 \beta)^{1/2} + f \cos \beta - (R_1 + r) \dots\dots (11)$$

$$v = f \left(\sin \beta + \frac{f}{2e} \frac{\sin 2\beta}{\sqrt{1 - (f/e) \sin^2 \beta}} \right) \omega \dots\dots (12)$$

$$a = -f \left[\cos \beta + \frac{(f/e) \cos 2\beta + (f/e)^2 \sin^4 \beta}{(1 - (f/e)^2 \sin^2 \beta)^{3/2}} \right] \omega^2 \dots\dots\dots (13)$$

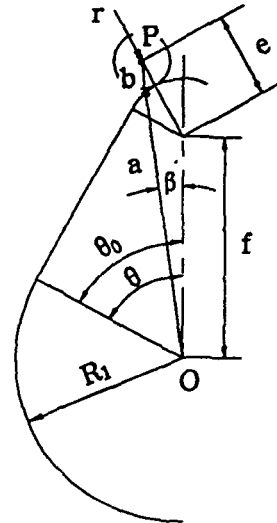


Fig. 3 Follower motion of nose circle part

4. 프로그램 구성

프로그램 구성은 Fig. 4에서와 같이 input data (본 연구에서 정의한 data)값만 입력하면, 기초 원호부와 코끝 원호부의 양 끝점을 직선으로 연결하여 접선 캠의 형상이 설계 되도록 구성된 알고리즘에 의해 자동으로 캠의 형상이 컴퓨터 스크린에 생성되도록 하였다.

또한 운동해석은 종동절이 1사이클을 이루는 시간(T)이 입력되면 캠의 회전속도가 자동으로 정해지며, 캠의 회전각 변화에 따른 종동절의 변위, 속도, 가속도의 해석을 그래픽화⁵⁾하여 컴퓨터 모니터에 가시화⁶⁾ 하였다.

또한 다른 캠의 형상 설계시 변화된 data만 입력하면 쉽게 캠의 형상과 운동특성을 알 수 있으며 프로그램 구성 흐름도(flow chart)는 Fig. 4에 보인다.

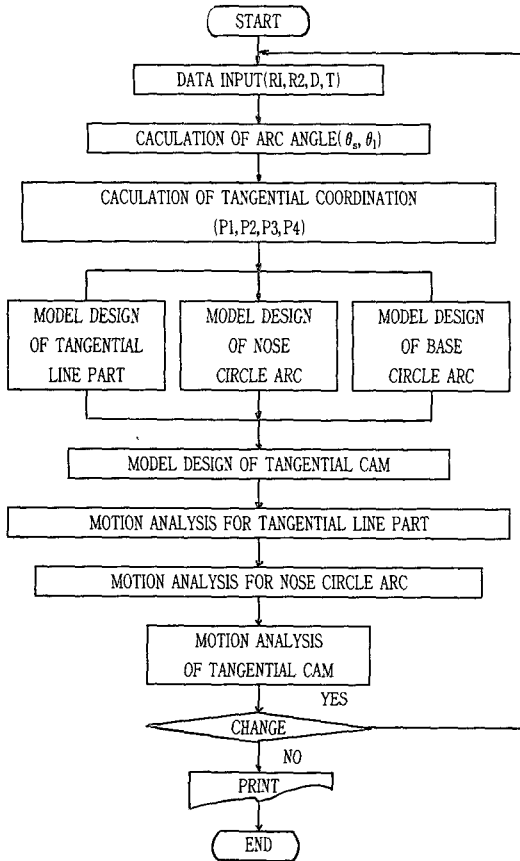


Fig. 4 Program flow chart

5. 결과 및 고찰

고찰은 접선 캠의 형상 설계 및 운동해석을 위해 제작된 프로그램을 실행 시킴으로서 본 연구에서 제시한 알고리즘과 운동해석의 결과를 시각적으로 확인하기 위하여 실시하였다.

고찰결과 Fig. 5에서와 같이 기초 원호의 반지름(R_1), 코끝 원호의 반지름(R_2), 종동절의 최고 점 도달거리인 양정(D), 종동절이 1사이클을 이루는 시간(T)가 입력됨에 따라 캠의 형상이 정확히 설계되었으며, Fig. 5의 (a)를 분석하면 캠의 구속 조건 $R_1=50\text{mm}$, $R_2=30\text{mm}$ 이고, 종동절이 1사이클을 이루는 시간 $T=0.13\text{sec}$ 와 양정 $D=60\text{mm}$ 가 요구될 때, 이 조건을 만족하기 위한 캠의 각속도 $\omega=193.6\text{rpm}$ 이 자동으로 계산되며, 캠의 회전각 변화에 따른 종동절의 변위, 속도, 가속도의 변화

량이 그래픽으로 가시화되고, 시간 변화(S)에 따른 캠의 회전각(θ)과 종동절의 변화량이 수치적으로 표현되도록 하였다.

또한 필요에 따라 4개의 데이터만 재 입력하면 Fig. 5의 (b), (c)와 같이 원하는 접선 캠의 윤곽 형상 및 운동 특성을 쉽게 해석할 수 있었다.

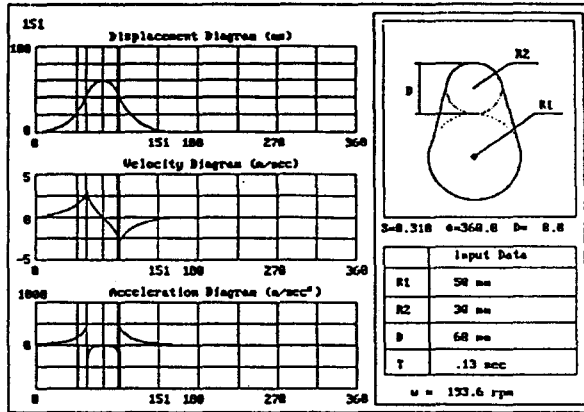
6. 결론

비교적 널리 보급되어 있는 PC급 수준의 컴퓨터를 사용하여 접선 캠의 형상 설계 및 운동해석에 관한 연구를 수행하여 얻은 결론은 다음과 같다.

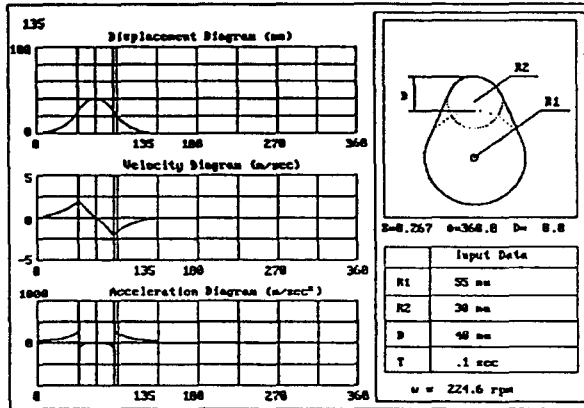
- 1) 수학적 공식에 의해 접선 캠의 형상을 설계하고 캠의 회전각 변화에 따른 종동절의 변위, 속도, 가속도 등에 대한 운동 해석을 할 수 있는 수식적 알고리즘을 구성하였다.
- 2) 본 연구의 제3장의 수식을 도입하여 캠의 윤곽 형상을 설계하고, 캠의 회전각 변화에 따른 종동절의 변위, 속도, 가속도를 예측할 수 있는 프로그램을 구성하여 실행하였다.
- 3) 요구되는 종동절의 운동 시간에 따른 캠의 회전 속도(rpm)를 정확히 예측할 수 있었다.

참고 문헌

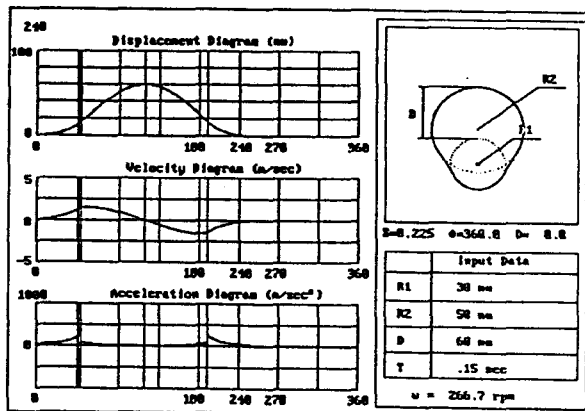
- 1) A. C. Lin et al., Computerized Design and Manufacturing of Plate Cams, Int. J. prod. Res., Vol. 26, No. 8, pp. 1000~1390, 1988.
- 2) Chen, F. Y., Mechanics and Design of Cam Mechanisms, Pergamon Press, pp. 23~100, 1982.
- 3) 김찬봉, 김양민, 입체 캠을 위한 CAD/CAM 개발에 관한 연구, 대한기계학회 '91년도 춘계 학술대회논문집 (I), pp. 315~318, 1991.
- 4) 박동근, 이춘만, 정밀 캠의 전산원용 가공에 관한 연구, 대한기계학회 '92년도 추계 학술대회논문집 (I), pp. 417~420, 1992.
- 5) L. Ammerall, Interactive 3D Computer Graphics, Jhon Wiley & Sons Ltd., pp. 1~250, 1988.
- 6) C. B. besant and C. W. K. Lui., Computer Aided Design and Manufacturing, Ellis Horwood Ltd, pp. 300~407, 1986.



(a) $T = 0.13$ Flower 1 cycle $\theta = 151$



(b) $T = 0.1$ Flower 1 cycle $\theta = 135$



(c) $T = 0.15$ Flower 1 cycle $\theta = 240$

Fig. 5 Result of design and motion analysis