

〈技術論文〉

CAE를 이용한 VTR Deck기구의 해석 및 설계

박태원* · 범진환** · 한형석*** · 김명규**** · 김광배*****

(1992년 5월 29일 접수)

A Study on the Analysis and Design for VTR Deck Mechanisms Using CAE

T.W. Park, J.H. Borm, H.S. Han, M.G. Kim and K.B. Kim

Key Words : Revolute Joint(회전조인트), Conditional Gear Joint(조건 기어조인트), Path Follower Joint(경로 이동조인트), Inverse Dynamics(역동력학), Differential-Algebraic Equations(미분 대수방정식), Constraint Reaction Force(구속반력), Geometric Constraint(기하학적구속), Local Coordinate(물체고정 좌표계)

Abstract

VTR(Video Tape Recorder) has very complicated mechanisms composed of various cams, links, gears and so on. To satisfy kinematic requirements of VTR components, various geometric constraints between rigid bodies and a translational cam design program are developed. Mechanisms of VTR are divided into functional groups like a control part, a loading part and a tape guide part. Each group is modeled for kinematic and dynamic analysis. Finally, all groups are combined together for a complete VTR model and loads required for each function of VTR controls are studied. Detailed description of developed programs are presented and results are discussed.

1. 서 론

VTR Deck기구는 작은 공간에 각종 링크, 조인트, 구동모터, 스프링, 브레이크 등으로 구성된 복잡한 기구이다. VTR Deck기구는 각 모드에서 요구하는 운동을 수행해야 하며 좋은 화질을 보장하기 위하여 정확한 운동을 해야 한다.

전자제품은 특히 상품의 다양화와 상품주기가 짧기때문에 CAE의 응용이 결실히 요구된다고 볼 수 있다. VTR Deck기구는 기능상으로 크게 제어부분, 로딩부분, 테이송부분, 릴부분으로 나눌 수 있다. 국내에서는 주행계의 진동⁽¹⁾이나 회전헤드에

대한 부상특성⁽²⁾ 등을 연구한 논문은 있으나 전체 시스템의 기구학적 해석이나 동력학적 해석 및 설계에의 응용은 이 논문에서 처음 시도 되었다. 각 부분 및 전체를 해석하기 위하여 본 연구에서는 첫째로 병진 캠 전용해석 및 설계 프로그램을 개발하였다. 둘째로 전체 Deck기구를 해석하기 위하여 조인트들에 대하여 구속방정식을 세우고, 프로그램화 하였다. 이 개발된 프로그램들을 기구해석전용 프로그램에 접속시켜 VTR Deck에 대한 전반적인 해석 및 설계가 가능하도록 하였다.

2. 기구의 해석 및 설계

2.1 일반좌표계

공간상에서 물체의 위치는 기준좌표계($X_0 - Y_0 - Z_0$)로부터 물체에 고정된 좌표계($x' - y' - z'$)의 원점까지의 벡터 r 로서 표시한다. r 의 시간에

*정회원, 아주대학교 생산자동화공학과

**정회원, 아주대학교 기계공학과

***아주대학교 기계공학과 대학원

****삼성전자 비디오사업본부 Deck연구실

대한 일차미분 $\frac{dr}{dt} = v$ 는 물체의 속도를, 2차미분 $\frac{d^2r}{dt^2} = a$ 는 물체의 가속도를 나타낸다. 물체의 회전은 기준좌표계에 대한 물체 고정좌표계의 회전 변환 행렬 A 를 사용한다. 이를 이용하면 Fig. 1에서와 같이 물체상의 한점 P 의 위치를 식(1)과 같이 표시할 수 있다.

$$r^p = r + As^p \tag{1}$$

2.2 구속방정식

물체에 대한 좌표가 정의되면 물체들간의 기하학적 관계를 표시하는 구속방정식들을 정의해야 한다. VTR의 해석에 필요한 조인트들에 대하여 살펴 보겠다.

Fig. 2는 물체 i 와 j 사이의 회전조인트(revolute

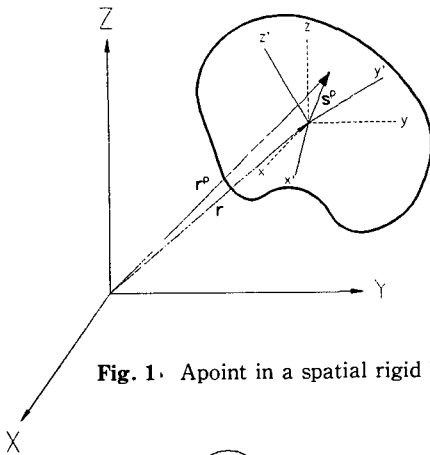


Fig. 1. A point in a spatial rigid body

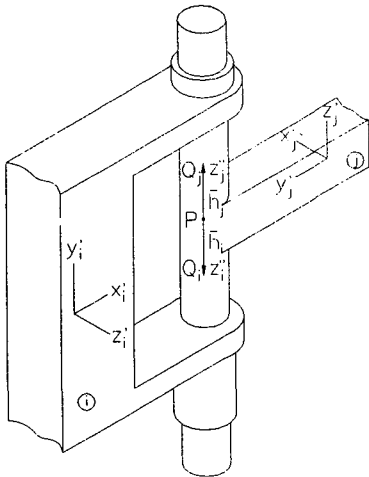


Fig. 2 Revolute joint

joint)를 보여주고 있다. 회전조인트는 그림과 같이 공동축에 대하여 상대적인 회전만을 허용하는 조인트이다. 이 조인트를 정의하기 위하여는, 물체 i 와 j 가 P 점을 공유하여야 하며 조인트좌표계의 z'' 축에 대한 단위벡터 h_i, h_j 가 평행해야 한다. 이 조건에 대하여 구속방정식을 세우면 다음과 같다.

$$r_j + A_j s_j^p - r_i - A_i s_i^p = 0 \tag{2}$$

$$\begin{bmatrix} f_i^T h_j \\ g_i^T h_j \end{bmatrix} = 0$$

여기서 f_i, g_i, h_i 는 $X_g - Y_g - Z_g$ 좌표계에서의 단위벡터이다. 식(2)에서 회전조인트에는 5개의 구속방정식이 존재하며 첫번째 벡터방정식은 3개의 식으로 P 점을 물체 i 와 j 가 공유하는 식이고 두번째 및 세번째 벡터방정식은 h_i 와 h_j 가 평행하다는 조건식이다. 이 식에 의해서 회전조인트는 하나의 자유도 즉 상대회전만을 가진다.

Fig. 3은 병진조인트(translational joint)이다. 이 조인트는 공동축에 대한 상대적인 병진운동만이 가능하며 상대회전을 허용하지 않는다. 이를 정의하기 위하여 P_i, Q_i, P_j, Q_j 가 병진축상에 있어야 하며 h_i 와 h_j 가 평행하고 h_i 와 i 물체상의 점 P_i 에서 j 물체상의 점 P_j 를 지시하는 d_{ij} 와 평행하며 초기에 f_i 와 f_j 가 수직하다고 정의하여 계속 수직 상태를 유지하여야 한다. 즉

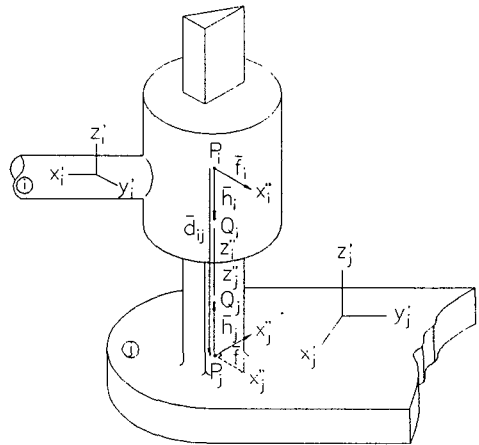


Fig. 3 Translational joint

$$\begin{bmatrix} f_i^T h_j \\ g_i^T h_j \\ f_i^T d_{ij} \\ g_i^T d_{ij} \\ f_i^T f_j \end{bmatrix} = 0 \quad (3)$$

이 조인트는 5개의 구속방정식이 존재하며 처음 두식은 h_i 와 h_j 가 평행하는 조건식이고 다음 두식은 h_i 와 d_{ij} 가 평행하는 조건식이며 다섯번째 식은 f_i 와 f_j 가 초기의 수직상태를 유지하는 식이다. 이 식에 의해 병진조인트는 공동축으로의 병진 운동만을 허용한다.

Fig. 4는 기어조인트를 보여주고 있다. Fig. 4로부터 R_i 와 R_j 는 기어의 반경이고 ϕ_i, ϕ_j 는 기준축에서의 θ_i, θ_j 정의 초기 각도이며 θ_i, θ_j 는 초기 상태에서 각 기어가 회전한 각도, α_i, α_j 는 θ_i, θ_j 점에서 기어의 접촉점들에의 각도이다. 이들을 이용하면 기하학적 관계에서,

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \phi_i + \theta_i - \theta \\ \alpha_j &= -(\phi_j + \theta_j - \theta - \pi) \\ \alpha_i R_i &= \alpha_j R_j \end{aligned} \quad (4)$$

을 얻을 수 있다. 식(4)을 기준축에서 접촉점까지의 각도 θ 에 대하여 정리하면,

$$\theta = \frac{R_i(\phi_i + \theta_i) + R_j(\phi_j + \theta_j) - R_j\pi}{R_i + R_j} \quad (5)$$

이 된다. 그리고 기어 중심점 사이의 거리에는 다음과 같은 구속식이 존재하게 된다.

$$(x_j^p - x_i^p) \sin \theta - (y_j^p - y_i^p) \cos \theta = 0 \quad (6)$$

$(x_i^p, y_i^p), (x_j^p, y_j^p)$ 는 P_i 와 P_j 의 좌표이다. 식(5)

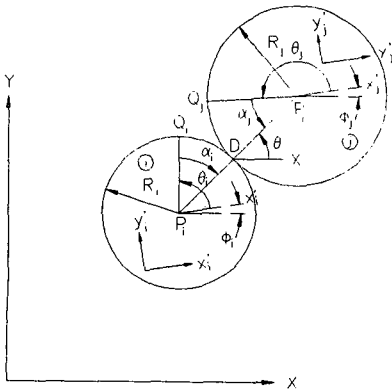


Fig. 4 Geometric representation of a gear joint

을 식(4)에 대입하여 정하면

$$\begin{aligned} \alpha_i R_i - \alpha_j R_j &= R_i(\phi_i + \theta_i) + R_j(\phi_j + \theta_j - \pi) \\ &\quad - (R_i + R_j)\theta = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

이 된다. 이 식이 기어의 중심점이 고정되어 있을 때의 기어의 구속조건식이다. Fig. 5는 일반적인 기어조인트와 비슷한데 일정한 구간에서만 회전관계가 성립하는 특별한 조건이 첨가된다. 이러한 조인트를 조건 기어조인트(conditional gear joint)라 한다.

일반적인 기어조인트는 $\alpha_i R_i = \alpha_j R_j$ 의 관계식이 성립한다. 그러나 Fig. 5와 같은 조건 기어조인트는 Fig. 6과 같은 회전각 관계를 가진다. 각도 α_A 와 α_B 구간에서만 맞물려 회전하고, 그 이외의 각도에서는 맞물리지 않는다. 이 조건을 식으로 표현하면,

$$\begin{aligned} \alpha_0 &\leq \alpha_i < \alpha_A; \alpha_j = \alpha_k \\ \alpha_A &\leq \alpha_i < \alpha_B; \alpha_j = (R_i(\alpha_i - \alpha_A))/R_j + \alpha_k \\ \alpha_i &\geq \alpha_B; \alpha_j = \alpha_c \end{aligned} \quad (8)$$

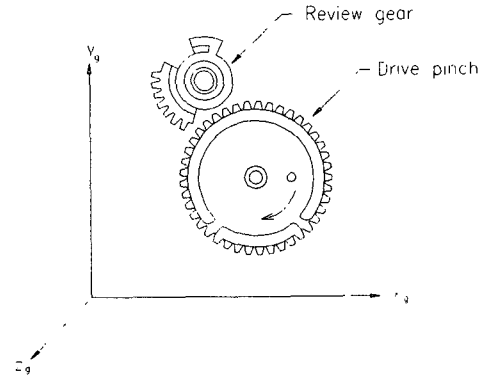
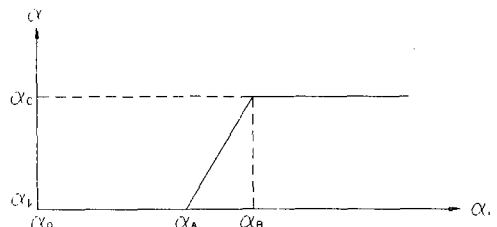


Fig. 5 An example of a conditional gear joint



α_i : Rotation angle of gear i
 α_j : Rotation angle of gear j

Fig. 6 Rotational angles in a conditional gear joint

a_A 와 a_B 가 정해지면 a_c 는

$$a_c = \frac{R_i(a_B - a_A)}{R_j} \quad (9)$$

가 된다.

Fig. 7은 P 점이 일정한 궤적을 이동하는 경로 이동조인트(path follower joint)이다. 이 조인트는 VTR Deck기구에서 테잎을 헤드로 이송시키는데 이용된다. 이 조인트에 대한 구속조건은

$$r + As^p - F(q) = 0 \quad (10)$$

여기서 $F(q)$ 는 주어진 경로에 대한 일반좌표 q 의 함수이다.

Fig. 8은 VTR Deck기구에서 발견되는 조인트로서 원통 기어조인트라 한다. Fig. 8에서 escalator

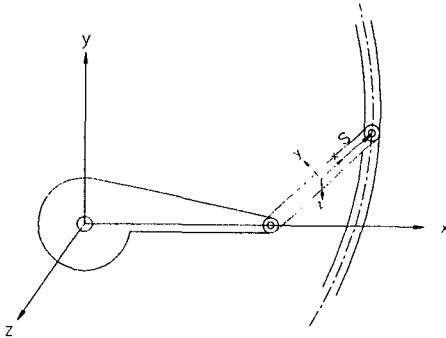


Fig. 7 Path follower joint

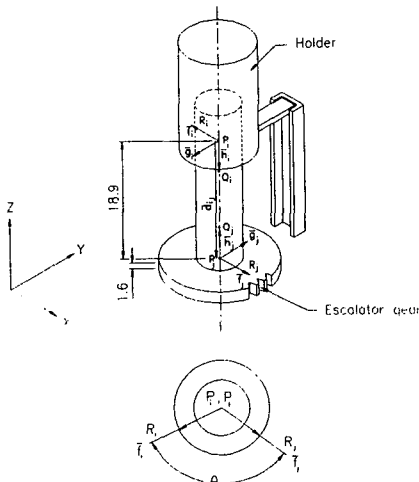


Fig. 8 Escalator gear joint

gear가 회전하면 holder가 3차원 기하학적구속에 의해 상하운동을 한다.

이 조인트에 대한 구속방정식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} h_i^T f_j \\ h_i^T g_j \\ f_i^T d_{ij} \\ g_i^T d_{ij} \\ f_i^T f_j - \cos \theta \\ d_{ij}^T d_{ij} - f^2(\theta) \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

윗식에서 처음 4개의 식은 병진조인트와 같으며 다섯번째 식은 f_i 와 f_j 가 초기의 각도 θ 를 유지하는 식이다. 여섯번째 식은 i 물체의 점 P_i 에서 j 물체의 점 P_j 까지의 위치벡터 d_{ij} 의 거리가 escalator의 회전에 의한 함수 $f^2(\theta)$ 에 의해 구속되는 조건이다.

지금까지는 VTR Deck기구에서 이용되는 기본적인 조인트들에 대한 구속방정식들을 자세히 살펴 보았다. VTR에 필요한 새로운 기구가 고안되면 어떤 다른 종류의 조인트들에 대해서도 위와 같은 구속식을 유도할 수도 있다. 기구에 대한 구속방정식은 (12)와 같이 일반적으로 일반좌표와 시간의 함수로 표시할 수 있다.

$$\Phi(q, t) = 0 \quad (12)$$

식 (12)을 시간에 대하여 미분하면 속도식을 구할 수 있다.

$$\Phi_q \dot{q} = -\dot{\Phi}_t = v \quad (13)$$

식 (13)을 시간에 대하여 한번 더 미분하면 가속도식을 얻을 수 있다.

$$\Phi_q \ddot{q} = -(\Phi_{qq})_q \dot{q} - 2\Phi_{qt} \dot{q} - \Phi_{tt} \equiv \gamma \quad (14)$$

가속도 방정식의 두번째식을 간편하게 γ 로 정의한다. VTR에 필요한 조인트들의 구속방정식, 속도방정식, 가속도 방정식을 프로그램한 후 기구학적인 해를 구하기 위하여는 비 선형방정식 (12)을 비선형방정식 해법인 Newton-Raphson법을 이용하여 변위를 구한다. 계속하여 식 (13), (14)을 풀어서 속도, 가속도를 구함으로써 기구학적 해석을 한다. 이때 기구계를 움직이기 위하여 동력원(motor)을 첨가하여야 한다.

2.3 동력학적 해석

기구가 nb 개의 물체를 가지며 n 개의 일반좌표

를 가진다면 기구전체의 일반좌표를 $q=[q_1^T, q_2^T, \dots, q_{nb}^T]^T$ 라 표시한다. 만일 m 개의 구속방정식을 가진다면

$$\Phi(q, t)=[\Phi_1(q, t), \dots, \Phi_m(q, t)]^T=0 \quad (15)$$

로 표시한다. 기구는 주어진 구속식이 전부 독립적이라면 $n-m$ 개의 독립좌표들을 가진다. nb 개의 물체를 가지는 기구에 대한 Lagrange multiplier 이론을 적용한 운동방정식은⁽³⁾

$$M\ddot{q} + \Phi_q^T \lambda = Q \quad (16)$$

이된다. 여기서 λ 는 Langrange multiplier 벡터이다. 이 식은 가속도 식 (14)와 행렬 형태로 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} N & \Phi_q^T \\ \Phi_q & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{q} \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q \\ \gamma \end{bmatrix} \quad (17)$$

식 (17)은 구속기계계의 가속도 방정식이다. 식 (17)에서 λ 의 미분형이 나타나지 않기 때문에 식 (17)은 미분대수 방정식(DAE(Differential-algebraic Equations))이라 부른다. 식 (17)은 또한 구속방정식 (12)와 속도식 (13)식을 만족해야한다.

미분대수 방정식은 ODE(Ordinary Differential Equation)해법을 직접 이용할 수가 없다. DAE를 풀기 위하여는 먼저 일반 좌표분리법(Generalized Coordinate Partitioning Method)를 이용하여 독립변수와 종속 변수를 분리한 후 독립 변수는 ODE해법으로 적분을 수행하며 종속 변수는 식 (12), (13)을 이용하여 해를 구한다.

기구에 대한 위치, 속도, 가속도가 주어졌을 때 조인트들의 반력과 구동장치의 구동력을 해석하는 것이 역동력학 해석(Inverse Dynamic Analysis)으로 기구를 움직이는데 필요한 힘이나 각 조인트에서의 반력을 구할 수 있다.

역동력학 해석을 위하여 식 (16)에서 가속도를 기구학해석에서 구한 후 식 (16)에 대입하여 λ 에 대한 해를 구함으로써 역동력학 해석을 할 수 있다. 즉

$$\lambda = (\Phi_q^T)^{-1} [Q - M\ddot{q}] \quad (18)$$

조인트 반력 λ 를 일반좌표계의 향으로 구하여 Fig. 9에서 보는 것과 같이 각 좌표방향의 힘과 토크로 표시하여 각 부품에 작용되는 힘을 구한다.⁽⁴⁾

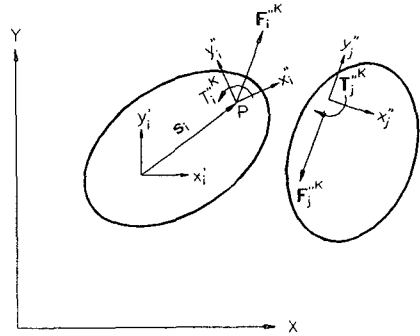


Fig. 9 Reaction forces of the joint

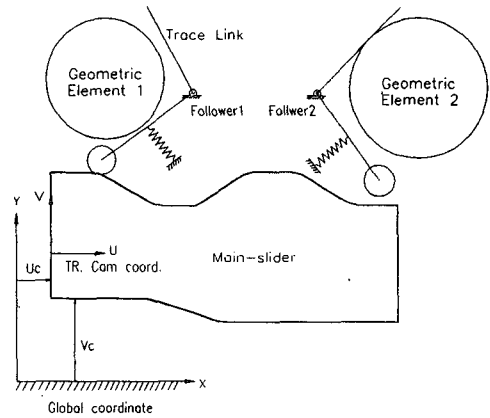


Fig. 10 An example of a translation cam and follower

2.4 병진 캠의 해석 및 설계

VTR Deck 기구에서 전체적인 제어를 수행하는 것이 병진 캠이다. 병진캠의 움직임에 따라서 여러 개의 중동절이 움직여 여러부분을 제어하게된다. 병진캠에 대한 해석과 설계를 위하여 TRCAMANL이라는 프로그램을 개발하였다.

Fig. 10은 TRCAMANL을 이용하여 생성시킨 대표적인 병진캠 시스템을 보여주며 TRCAMANL의 구성 및 특징은 다음과 같다.

(1) TRCAMANL은 피라밋 명령어(Cammand hierarchy)구조로서 완전대화식이다.

(2) 여러곡선으로 구성된 모든 형태의 캠 형상을 생성시켜 해석할 수 있다.

(3) 현 산업기계에 사용되는 거의 모든 형태의 중동절을 생성시켜 해석할 수 있다.

(4) 중동절의 움직임을 제한할 수 있는 구속형상들을 정의할 수 있다. TRCAMANL에서는 구속형

상으로 원과 직선을 제공한다.

(5) Fig. 10에서 보는 것과 같이 종동절의 운동을 제어할 수 있는 세가지 형태의 운동을 고려하였다.

첫째로는 종동절을 구속시키는 스프링이며, 두번째는 병진 캠 윤곽이며, 세째로는 구속형상이다. 종동절의 운동은 기본적으로 스프링에 의해 구동되어지며, 병진 캠 윤곽에 접촉되어 그 운동이 제어되어지나, 혹은 구속 형상에 의해 그 운동이 제한될 수 있도록 하였다.

(6) TRCAMANL에서는 각종 기구학적 해석과 함께 애니메이션 및 캠 형상 가공을 위한 C/L data를 생성시켜주며, 이를 화면을 통해 확인할 수 있다.

(7) 대용량 CAD프로그램만 할 수 있는 간접체크의 기능 일부를 수행할 수 있다. TRCAMANL의 주목할만한 특징은, 종동절이 항상 CAM 곡면과 접촉하지 않고, 다른 구속형상에 의해 그 움직임이 제한되어지는 시스템에서도 그 해석이 가능하다는 점이다. 일반적인 캠 윤곽과 종동절의 접촉을 위한 관계식은 다음과 같다. 고정된 기준좌표계에 대하여 표현된 캠 윤곽곡선 식이 $Y=F(x)$ 라면 종동절 로울러가 캠 윤곽에 접촉했을때의 관계식은 Fig. 11로부터 Envelop이론을 이용하여 구할 수 있다.⁽⁵⁾

$$P = X + \frac{\sigma r_f}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right)^2}} \left(-\frac{\partial Y}{\partial X}\right)$$

$$Q = Y + \frac{\sigma r_f}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right)^2}}$$

(19)

여기서 $\sigma = +1$: upper contact, -1 : lower contact

P, Q : 종동절 로울러의 중심좌표,

r_f : 종동절의 로울러 반경

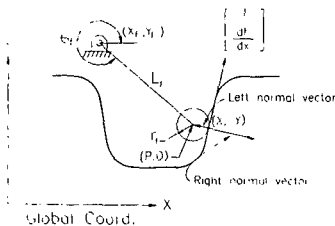


Fig. 11 Contact between the cam surface and follower roller

X, Y : 병진 캠과 종동절의 접촉 Point의 좌표(Global Coord)

$Y=F(X)$: 고정된 기준 좌표계에 대한 캠 곡선식

또한 Fig. 11에서 P 와 Q 를 L_f 와 θ_f 에 대하여 표현하면 다음과 같다.

$$P = X_f + L_f \cos \theta_f$$

$$Q = Y_f + L_f \sin \theta_f$$

(20)

여기서 X_f, Y_f 는 종동절 회전원점 위치이고, θ_f 는 종동절의 각도이며, L_f 는 종동절 길이를 나타낸다.

위에서 유도한 식 (19)과 (20)로부터 캠 윤곽과 종동절의 접촉을 위한 일반관계식을 유도할 수 있다.

$$P = X + \frac{\sigma r_f}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right)^2}} \left(-\frac{\partial Y}{\partial X}\right) = X_f + L_f \cos \theta_f$$

$$Q = Y + \frac{\sigma r_f}{\sqrt{1 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right)^2}} = Y_f + L_f \sin \theta_f$$

(21)

위 식을 이용하여 $Y=F(X)$ 의 캠 곡면과의 접촉해 X 및 그때의 종동절의 각도(θ_f)를 구할 수 있다.

이 때 접촉해는 일반적으로 2개 이상 나오며, 오직 1개의 해만이 앞으로 다룰 접촉유지조건을 만족하게 된다. 이는 스프링 토크의 방향과 관계하며, 종동절 로울러 캠 윤곽의 왼쪽에 접촉하는 경우 아래로 같은 관계식은 Fig. 12으로부터 얻을 수 있다.

$$T_s = r \times F = -L_f \cdot F \cdot (\cos \theta_f i + \sin \theta_f j)$$

$$\times (-\sin \beta i + \cos \beta j)$$

$$= -L_f \cdot F \cdot \cos(\beta - \theta_f) k$$

(22)

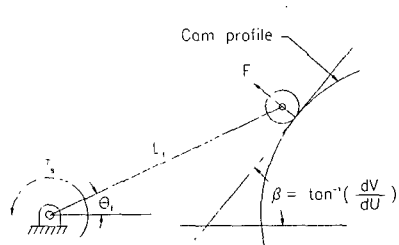


Fig. 12 Torque applied to a follower

여기서 T_s 는 스프링에 의해 발생된 토크이며, F 는 접촉점에서의 반력을 나타내며, β 는 접촉점에서의 캠 윤곽의 기울기를 의미하며, 다음과 같다.

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{dV}{dU} \right)$$

따라서 이 경우 $T_s > 0$ 면 $\cos(\beta - \alpha) < 0$ 인 조건을 만족해야 하며, 이를 만족하는 접촉해가 유일한 근이다. 이 조건을 요약하면 아래와 같다.

먼저 종동절 로올러가 캠 윤곽 윗쪽(upper contact)에 접촉하는 경우

$$\begin{aligned} T_s > 0 \text{일때 } \cos(\beta - \theta_f) < 0 \\ T_s < 0 \text{일때 } \cos(\beta - \theta_f) > 0 \end{aligned} \quad (23)$$

인 조건을 만족하여야 한다. 둘째로 종동절 로올러가 캠 윤곽 아랫쪽으로(down contact) 접촉하는 경우

$$\begin{aligned} T_s > 0 \text{일때 } \cos(\beta - \theta_f) > 0 \\ T_s < 0 \text{일때 } \cos(\beta - \theta_f) < 0 \end{aligned} \quad (24)$$

인 조건을 만족해야만 한다.

이상에서 새롭게 개발한 조인트들과 병진 캠 해석 및 설계 프로그램들을 기구해석 전용 프로그램인 DADS⁽⁶⁾와 합하였다. 그리하여 VTR Deck기구를 해석할 수 있게 하였다.

현재의 범용프로그램인 DADS에는 이제까지 설명한 조인트들이 부족하기 때문에 VTR해석에는 적합치가 않지만 이제까지 설명한 조인트들에 대한 프로그램을 접속시켰고 또한 DADS은 개발한 TRCAMANL 프로그램에서 나온 곡선의 데이터를 입력데이터로 직접 읽어들이어 각 부분별로 최적설계된 캠을 VTR해석에 이용할 수 있게 하였다.

3. VTR Deck 기구의 해석 및 결과

VTR Deck 기구는 기능별로 제어부분, 로딩부분, 테일이송부분, 릴부분이며 각각의 부분을 모델한 후 하나의 모델로 합성하였다. 각 기능별 모델에서는 설계에 필요한 캠과 기구의 운동관계를 해석하는데 중점을 두었고 합성된 VTR 전체의 모델에서는 VTR의 동작에 필요한 시간선도와 각 기능간의 운동관계, 작동에 필요한 최대의 모터부하 등을 연구하여 실제 설계에 응용이 될 수 있도록 하였다.

3.1 제어 부분(Control part)

Fig. 13은 제어부분을 나타내주고 있다. 이 부분은 각 모드에 따라서 reel disk, motor 등의 회전을 제어하는 것을 비롯하여 전체기구의 제어 역할을 한다. 이 부분의 구성은 10개의 물체, 2개의 기어 조인트, 5개의 병진 캠 조인트, 8개의 회전 조인트, 1개의 병진 조인트와 스프링들로 구성된다.

Motor가 구동되면 병진 캠(slidebar)이 움직인다. 병진 캠에는 5개의 Cam형상이 있고 각각에 종동절이 있다. 종동절들에는 브레이크 패드가 붙어있고 reel disk와 capstan motor들을 제어한다. 여기

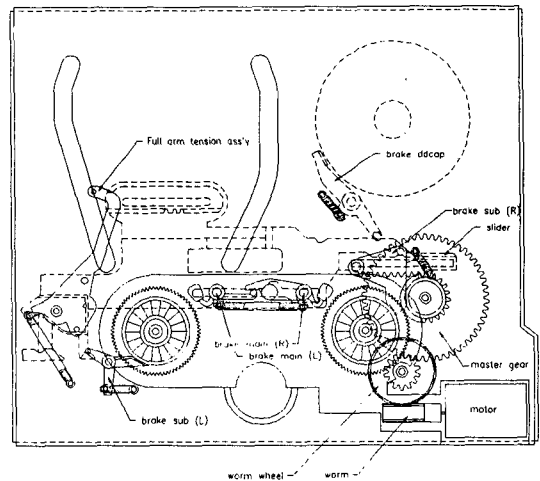


Fig. 13 Control part model

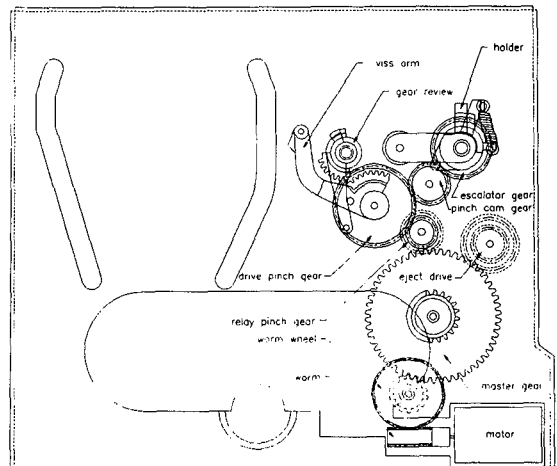


Fig. 14 Loading block model

서의 병진 캠은 구속형상에 의하여 움직이기도 하나 그렇지 않을 수도 있다. 이 때문에 일반적인 캠 해석 프로그램으로는 해석할 수 없다. 이를 수행하기 위하여 새로 개발한 TRCAMANL을 범용 프로그램에 접속하였다. 그리하여 TRCAMANL으로 설계한 병진 캠 시스템을 직접 읽어서 범용 프로그램내에서 다른 기구들과 동시에 해석할 수 있다. 또한 중동절의 스프링에 의하여 병진 캠에 미치는 힘을 계산하도록 프로그래밍 하였다.

3.2 로딩 부분(Loading part)

Fig. 14에서 보여주는 것이 로딩부분이다. 이 부분의 기능은 테잎의 속도를 일정하게 유지시키는 것이다. 13개의 물체와 9개의 기어조인트, 1개의 조건기어조인트, 1개의 원통기어 조인트, 1개의 병진 조인트로 구성된다. 이 부분에서 중요한 운동은 pole(viss pole, review pole)들의 운동과 pinch roller의 운동이다. 특히 pinch roller는 capstan motor에 밀착시키는 역할을 하기 때문에 pinch roller의 밀착력과 수평유지가 중요하다.

Pinch roller가 붙어 있는 부분을 세부적으로 해석하여 공차에 의한 pinch roller의 밀착력과 위치등을 해석하였다.

3.3 테잎 이송부분

Fig. 15에서 테잎 이송 부분을 보여주고 있다. 이 부분의 기능은 테잎을 이송시켜 헤드에 밀착시

키는 것이다. 여기서는 pole base들의 운동이 중요하다. pole base는 주어진 경로를 정확히 따라가야 한다. 또한 pole base가 테잎을 정확하게 밀착하고 있어야 좋은 화질을 보장하게 된다. 이를 고찰하기 위하여 pole base와 경로의 힘 관계를 해석 하였다. 이 부분은 10개의 물체, 3개의 기어 조인트, 7개의 회전 조인트, 4개의 경로 이동 조인트, 1개의 조건기어 조인트로 구성되고 테잎의 밀착을 위하여 pole base가 경로의 마지막에 위치할 때 회전스프링이 작용한다.

3.4 릴 부분(Real part)

Fig. 16은 릴 부분을 보여주고 있다. 이 부분의

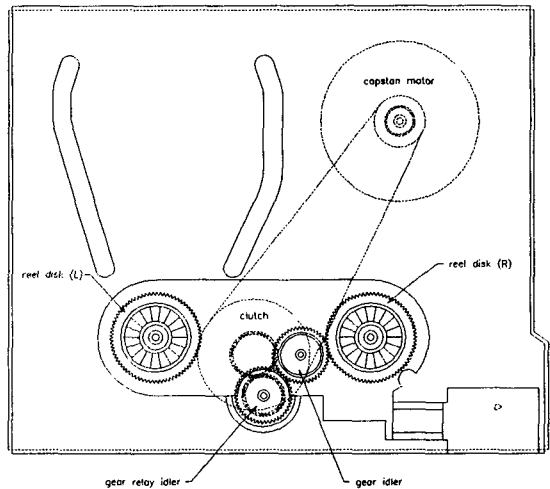


Fig. 16 Real part model

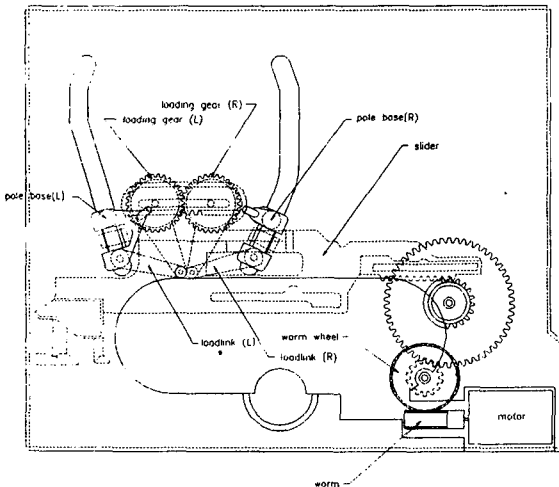


Fig. 15 Tape guide part model

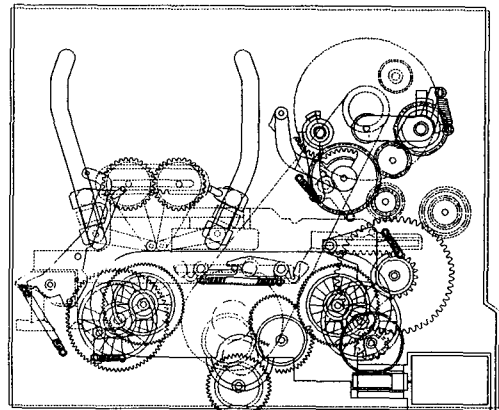


Fig. 17 A model of a complete VTR

역할은 모오드에 따라 real-disk의 회전 방향을 제어하는 것이다. Capstan motor의 회전이 clutch에 전달되고 회전 방향에 따라 gear idler가 real disk (R) 또는 real disk (L)과 연결시켜준다. 이 부분에서 clutch는 아주 복잡하기 때문에 회전에 비례한 기구적운동만을 고려하였고 또한 belt의 변형도 무시하였다.

3.5 Deck의 전체 모델

이상에서는 기능의 따라 네 부분으로 해석 하였다. Fig. 17은 Deck기구 전체를 보여주고 있다. 전체의 해석은 3.1에서 3.4절까지의 해석모델들을 하나로 결합하여 VTR 전체 기능에 대한 시간선도와 각 기능의 운동에 필요한 motor의 부하를 조사 하였다.

4. 해석 결과 및 고찰

Fig. 18에서 Fig. 26까지는 앞에서 설명한 모델의 해석결과 일부를 보여주고 있다. 구동 motor가

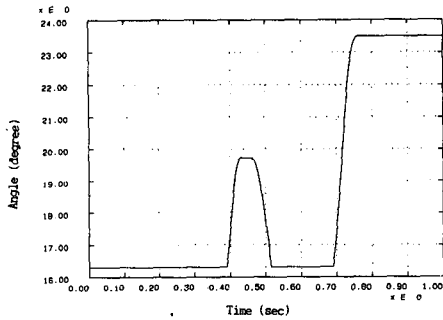


Fig. 18 Rotational angle of Brake-subr w.r.t. Z-axis

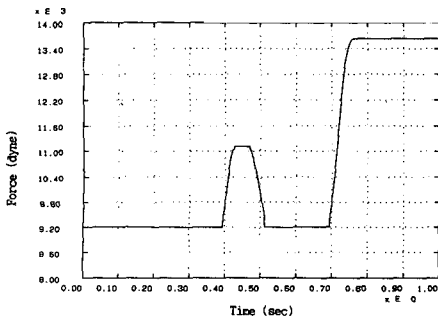


Fig. 19 Spring force of Brake-subr

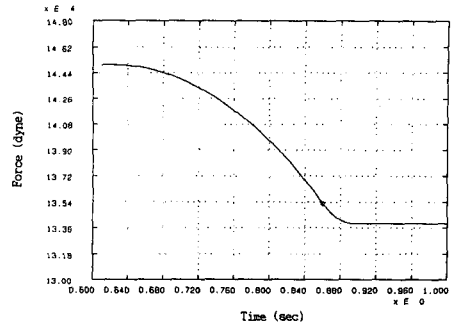


Fig. 20 Spring force of the Arm-tensior

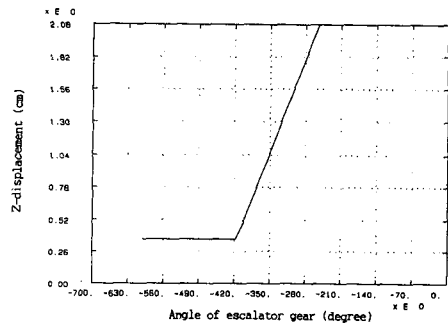


Fig. 21 Z displacement of the escalator gear w.r.t. its rotation

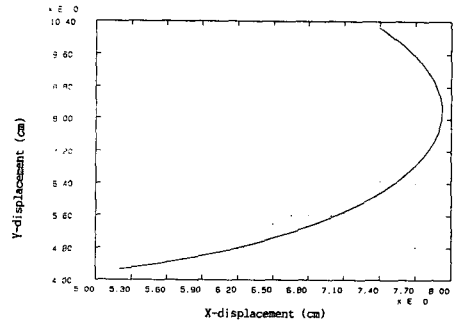


Fig. 22 X displacement vs. Y displacement of the review pole

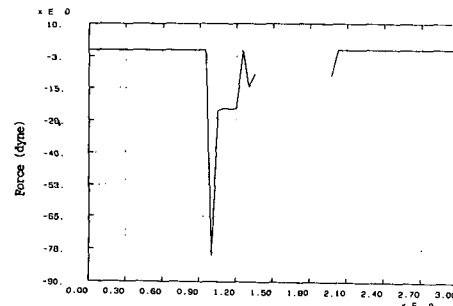


Fig. 23 Force between the Holder and the Pinch-roller

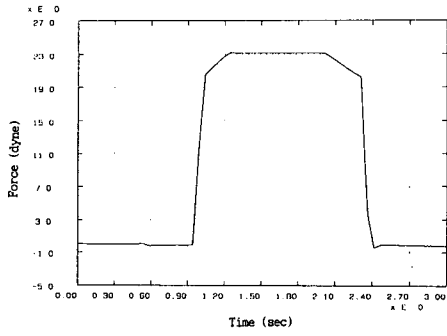


Fig. 24 Spring force of the Pinch-roller

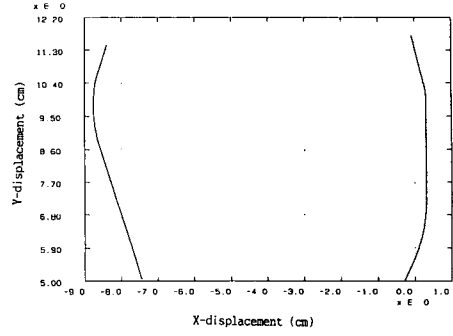
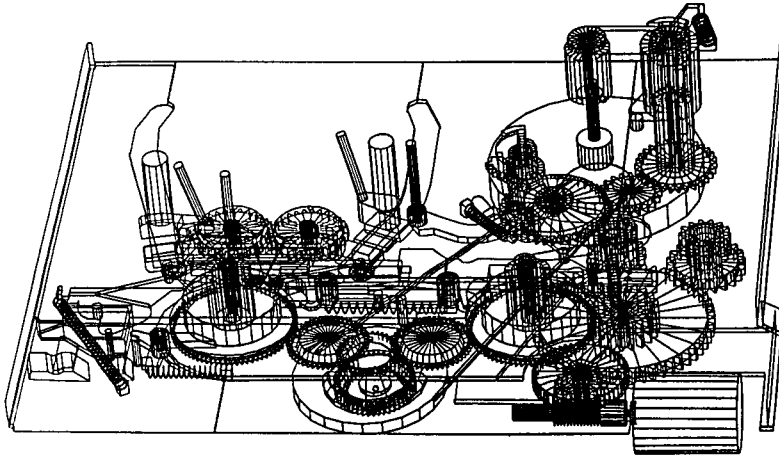
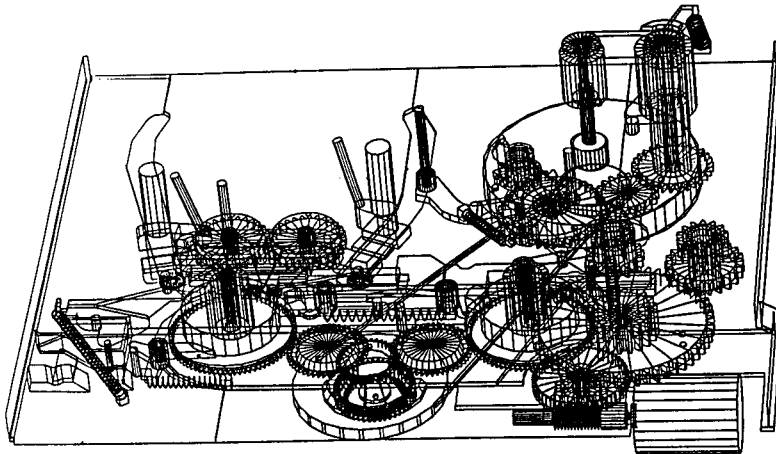


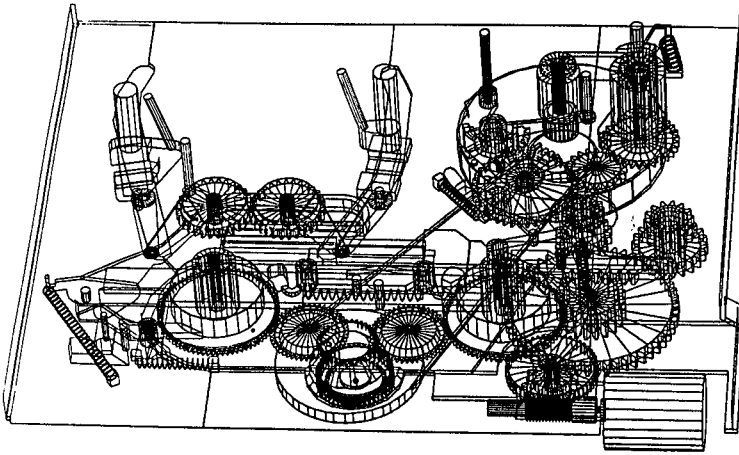
Fig. 25 X displacement vs. Y displacement of the pole-base



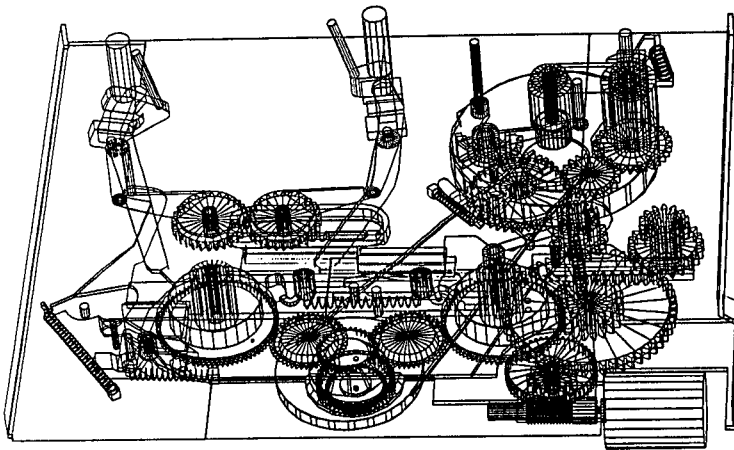
(a)



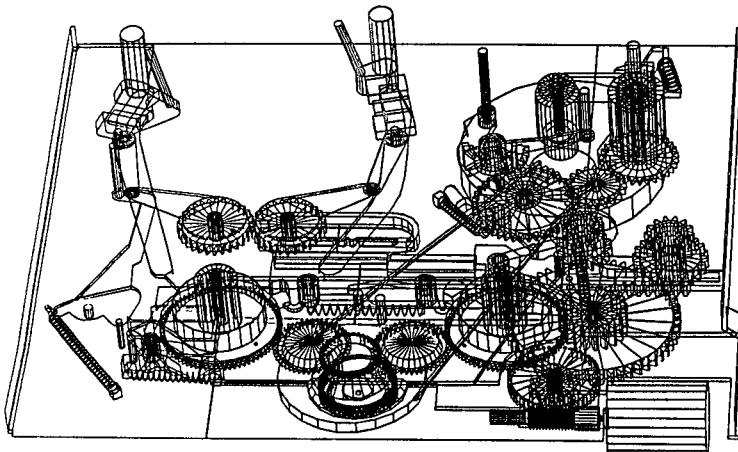
(b)



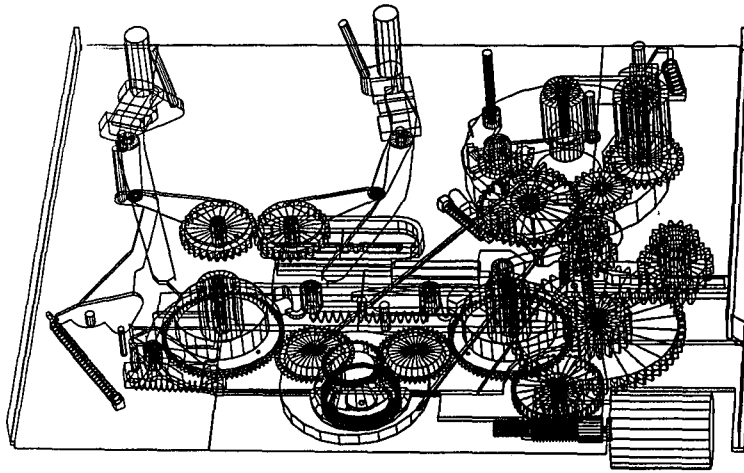
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 26 Animation of the Deck mechanism

회전하면 전체기구가 움직이게 되어있다. Fig. 18은 Fig. 13의 brake sub의 z축에 대한 회전각을 보여주고 있다. Fig. 19는 brake sub의 운동에 따라 brake sub에 붙은 스프링력을 보여주고 있다. 이 결과도 캠의 형상과 잘 일치하고 있다. Fig. 20은 Fig. 13의 arm tension에 붙은 스프링의 힘을 보여주고 있다.

Fig. 21은 Fig. 14의 원통기어 조인트의 결과이다. Escalator기어가 회전함에 따라 holder가 상하이동을 한다. 이 결과도 실제의 모델과 같은 결과를 보여주고 있다. Fig. 22는 로딩부분에서 review pole의 x-y 위치를 보여주고 있다.

Fig. 23은 pinch roller가 capstan motor shaft에 밀착할때 받는 힘을 보여주고 있다. 그림에서 1.0 초 정도에서 피크가 나타나는데 이는 밀착을 시작할때 발생하는 충격에 의한 힘으로 생각된다. Fig. 24는 pinch roller에 있는 스프링력을 보여주고 있다. Fig. 25는 Fig. 15의 pole base의 x-y 변위를 보여주고 있다. 이 결과는 주어진 경로를 정확히 따라가고 있는 것을 볼 수 있다.

Fig. 26은 Deck 기구의 전체적인 해석 결과에 대한 애니메이션이다. 해석시간을 6단계로 나타낸 것이다. 전체의 해석에서 각 기능별 시간선도와 모터의 부하를 구하였다.

이상에서 해석 결과의 일부분을 살펴보았다. 결과를 통하여 실제의 Deck기구와 컴퓨터 모델의 해석 결과가 잘 일치하고 VTR의 설계에 필요한 많

은 정보를 예측할 수 있다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 VTR Desk기구를 해석하는데 필요한 조인트들, 캠 해석 프로그램을 개발 하였고 Deck기구를 해석하였다. 이 연구를 통하여 얻는 결론은 다음과 같다.

(1) Deck 기구를 전체적으로 해석이 가능하므로 기존의 해석 설계방법보다 시간이 절약되며 설계 개선 및 새 모델의 개발에 용이하다.

(2) 1)을 기초로 하여 특정부품을 해석할 수 있으며 공차 및 간섭을 확인할 수 있다.

(3) 기존의 대부분의 병진 캠 시스템에 대한 해석 및 설계가 가능하다.

(4) VTR Deck 해석 모델을 기초로해서 이와 비슷한 기구를 쉽게 해석할 수 있다. VTR Deck 기구중 본 연구에서 개발하지 않은 clutch 부분, velt, brake와 드럼사이의 마찰력 해석은 차후 연구과제이다.

참고문헌

- (1) 김중배, 박남수, 이상조, 박영필, 1990 "90 추세소음진동학술논문집" p. 181~185, "VTR (VCR, DAT) 주행계 진동문제 고찰"
- (2) 민옥기, 김수경, 1991 "회전헤드에대한 주행테

- 이프의 부상특성(Ⅱ)” 대한기계학회논문집 15 제 1호 p. 107~119.
- (3) Greenwood, D.T., Principle of dynamics, 2nd., Prentice-Hall, Englewood cliffs, N.J., 1988.
- (4) Edward J. Hang, Computer-Aided Kinematic and Dynamics of Mechanical Systems, Vol 1.
- (5) FAN Y. CHEN, 1982, Mechanics and Design of Cam Mechanism, Pergamon.
- (6) DADS user's manual, Computer Aided Design Software, Inc, Iowa City, IA, U.S.A.