

타펫개구장치에서의 원격종동절 캠 설계

신재균#, 이종기*, 안홍태**

Design of a disk cam with remote follower in a tappet shedding device

Jae Kyun Shin[#], Jong Ki Lee^{*} and Hong Tae Ahn^{**}

ABSTRACT

A method for the design of a disk cam with a remote follower is presented. ADAMS software is utilized for the design process. The whole process is applied for the design of a cam profile to be used in a tappet shedding device of a shuttle loom. First the desired motion of the remote follower, the heardl frame in this case, is determined to improve the characteristic of a certain weaving process. Next, the desired displacement data is input to the ADAMS software and the cam profile is obtained as an output. To test the validity of the proposed method, designed cams were actually manufactured and implemented on a experimental loom. And with the help of potentiometer type displacement transducers, the motion of the remote followers were actually recorded. And the result was sufficient to prove the validity of the presented method.

Key Words : Disk cam(평판캠), Remote follower(원격종동절), ADAMS, Tappet shedding device(타펫개구장치)

1. 서론

캠 링크 복합장치는 입력절인 캠과 출력절 사이에 하나 이상의 링크들이 개입된 기구를 얘기한다. 이러한 기구에서 출력절은 캠과 직접 접촉한 종동절과 달리 원격종동절(Remote follower)로 불린다¹. 일반적으로 캠과 출력절로서의 종동절이 직접 접촉하는 단순캠기구에 대한 캠 설계기술은 잘 정립되어 있다². 캠 설계기술이란 구체적으로 종동절의 변위곡선을 정의하고, 그러한 변위곡선에 종동절이 운동하도록 캠의 윤곽을 정의하는 작업들이 포함된다. 이러한 단순한 캠을 설계하기 위한 방법으로는

다양한 전용의 전산소프트웨어들이 활용된다^{1,2}. 캠 링크 복합장치의 경우에 있어서 출력절인 원격종동절의 운동을 정의하는 데는 단순캠을 설계할 때의 방식을 그대로 적용할 수 있다. 그러나, 종동절의 운동이 정의 되었을 때, 캠 형상을 구하는 문제는 단순캠의 경우에 비해 훨씬 복잡해 질 수밖에 없다. 이 경우, 캠과 종동절 사이에 존재하는 링크장치의 종류에 따라 전용 소프트웨어를 작성하여 사용하거나^{3,4}, 상업용 범용소프트웨어를 활용할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 범용 소프트웨어의 일종인 ADAMS⁵를 활용하여 원격종동절 평판캠을 설계하는 방법을 개발하고자 한다. 설계과정은 직기의 타펫개구장치를 사례로 하여 설명하였으며, 특

접수일:2003년 5월12일 ; 게재승인일:2003년 11월 14일
교신저자, 영남대학교 기계공학부

Email jkshin@yu.ac.kr Tel. (053) 810-2467

* 영남대학교 대학원 기계공학과

** (주)세진

히 설계된 결과에 따라 캠을 직접 제작하였고, Potentiometer형의 변위 측정장치로 원격중동질의 변위를 실험적으로 측정함으로써 의도된 바 대로 설계가 되었음을 입증하고자 하였다.

2. 설계문제의 정의

본 연구에서 예제로 택한 개구장치의 개략도를 Fig.1에 나타내었다. 개구 장치란 직기의 종광틀(Heald Shaft)을 상하로 구동함으로써, 경사의 운동을 제어하는데 사용된다⁶. Fig. 2에는 통상적인 실험직기에서 경사에 의해 형성되는 개구(Shed)를 나타내었다. 경사는 일반적으로 상하 두 조로 이루어지며, 이들을 구동하기 위한 종광틀이 반대방향으로 움직이면 경사들 사이에 빈 공간이 생기는데 이를 개구라 한다. 개구를 통하여 위사가 투입되는데, 경사의 운동형태는 시간에 따른 개구의 크기변화를 결정하며, 또한 경사 장력변동형태에도 관여한다. 이와 같이 경사의 개구운동 형태는 직물의 조직형성이나 직기의 안정적인 운전에도 관여하므로 설계자에게 중요한 관심사항이 된다. Fig.1에 보인 기구에서 개구운동은 결국 캠의 형상에 따라 달라지며, 이 때 종광틀은 원격중동절로 볼 수 있다.

Fig. 2에서 보인 바와 같이 개구를 이루는 두 조의 경사사이의 각을 개구각(γ)이라고 한다. 직물의 날염 공정에 사용되는 스크린직물에서는 위사와 경

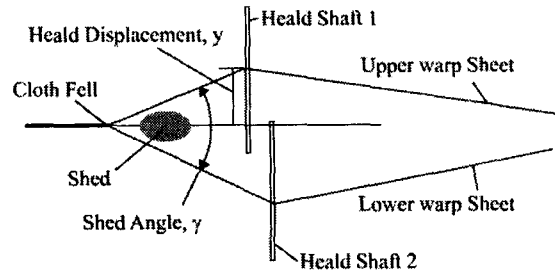


Fig. 2 Shed Geometry

사간의 균일한 간격이 생명이다. 본 연구와 관련된 스크린 직물의 제직실험에서 위사의 간격이 불균일하여 나타나는 다양한 형태의 불량조직이 불규칙적인 위사후진현상에 의해 유발된다는 사실이 제기되었다. 위사 후진현상이란 위사가 클로드펠에 정상적으로 투입된 이후에 바디가 후진할 때 함께 후진하는 현상을 의미한다. 위사 후진 현상을 막아 이러한 불량조직이 발생하는 것을 억제하기 위해서는 기존의 타펫캠을 개선하여 개구각을 더 높여야 한다는 처방이 제안되었다. 어느 정도 개구각을 높여야 하는가 하는데는 어떠한 이론이나 실험결과도 보고된 바 없으므로, 이를 직접 실험적으로 검토하기 위해, 먼저 기존의 타펫캠을 변경설계하는 문제를 고려하기로 하였다.

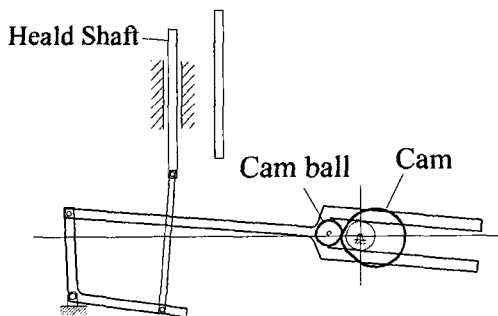


Fig. 1 Kinematic Diagram of a Tappet Shedding Mechanism

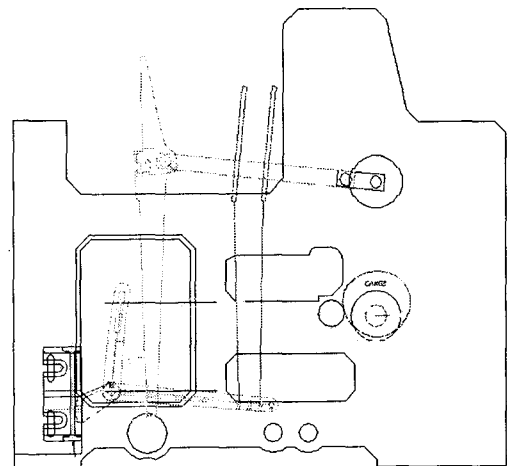


Fig. 3 ADAMS Modelling of Tappet Shedding Mechanism

우선 개선을 위한 설계조건을 도출하기 위하여 기존의 캠을 부착한 개구장치를 해석하였다. ADAMS⁵에서 기존의 시스템을 모델링하는 작업은 어렵지 않다. Fig. 3에는 ADAMS에서 모델링된 결과를 보여 준다. 해석을 위해서는 캠의 형상을 입력하여야 한다. 본 연구에서는 기존의 타펫 캠을 분리하여 그 모양을 종이에 옮긴 다음 형상을 실제로 측정하였다. 이러한 측정과정에는 오차가 필연적으로 수반되기 때문에 정확한 해석결과를 기대하기는 어렵지만, 전반적인 운동은 이해할 수는 있을 것이다. Fig. 3에는 개구장치뿐만 아니라 참고로 4절기구로 이루어진 바디침 기구⁶도 함께 포함되어 있다.

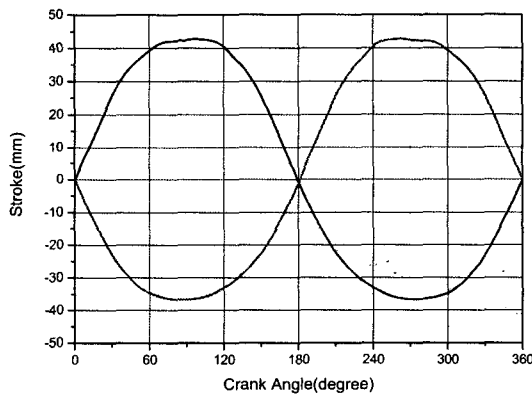


Fig. 4 Displacement diagram for the original cam.

Fig. 4에는 해석결과로 구한 종광틀의 변위를 이용하여 개구곡선을 그려본 것이다. 여기서 개구곡선이란 Fig.1에 보인 종광틀의 변위 y 를 캠 회전각에 대한 함수로 나타낸 그래프를 의미한다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 실제로는 임의의 두 조의 종광틀의 변위는 다르지만, 설명의 편의상 이러한 변위 차이를 무시하고 하나의 종광틀에 대한 해석 결과를 캠회전 각도를 기준으로 180° 이동시킴으로써 두 조의 종광틀에 대한 변위를 나타낼수 있다고 가정하였다. 이 두 조의 곡선 사이의 거리, 즉 변위의 차이가 곧 개구량을 나타낸다고 볼 수 있다. 또한, 개구량이 클수록 개구각 γ (Fig.2 참조)도 커진다. 이때, 상하 두 조의 종광틀의 변위가 같아지고, 그 결과 개구각이 0° 가 되는 순간은 폐구(Closed Shed)

위치라고 한다. 실제로는 제작과정에서는 폐구 이후 일정한 캠 회전각에서 바디침⁶이 일어나는 경우가 많으며, 이 때 개구가 빨리 진행된다면 그만큼 개구각이 증가하므로 조직형성에 유리하게 작용할수 있다.

Fig. 4에 의하면, 기존의 개구곡선에서 정점부근에 정체운동이 존재하는지 명백하지 않다. 폐구 이후에 개구운동을 보다 빠르게 진행시키기 위해서는, 정점부근에 정체구간을 도입하는 방법을 생각할수 있다. 개구장치에 반드시 정체구간이 있어야 하는 것은 아니며, 캠설계이론에서는 정체구간이 없어도 되는 경우에는 가급적 이를 피하는 것이 좋다고 하였다. 그러나, 본 연구에서는 설계결과를 보다 명확히 확인할수 있도록 정체구간을 도입해 보도록 하였다. 즉, 타펫캠의 개선 방향으로, 개구곡선에서 정체구간의 크기를 60° , 75° , 90° 등으로 변경하여 설계해 보기로 하였다. Fig. 5에는 이렇게 정체구간이 도입된 변위선도를 나타내었다.

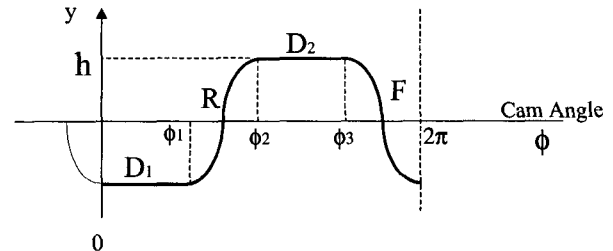


Fig. 5 Displacement curve with two dwells

이상의 논의에 의해 새로운 타펫 캠의 설계조건은 다음과 같다.

- i) 캠을 제외한 각종 치수는 원래 치수를 그대로 적용하고,
- ii) 종광틀의 총 변위 $2h = 80.0\text{mm}$ 로 하며
- iv) 개구 곡선이 Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 Dwell(D_1)-Rise(R)-Dwell(D_2)-Fall(F)의 표준적인 형태를 가지며, 정체구간 D_1 , D_2 의 크기는 캠 회전각 기준 각각 60° , 75° 혹은 90° 를 갖도록 한다.

3. 캠 윤곽의 설계

Fig.5에서처럼 종광들의 변위선도에서 총 변위량 2h와 정체구간 $D_1=D_2$ 의 크기가 주어지더라도 상승구간 혹은 하강구간에서 곡선의 형태는 아직 미정으로 남아 있다. 일반적으로 캠 종동절의 변위선도에서 상승구간 혹은 하강구간에 대해서는 다양한 형태의 곡선이 개발되어 있으며, 그 특성도 비교적 잘 연구되어 있다². 본 연구에서 처럼 만약 개구가 빠르게 진행되도록 하려면 이들 구간에서 속도 값이 높은 곡선을 선택하면 좋을 것이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 잘 알려진 곡선들 중 MT(Modified Trapezoidal) 곡선 및 4567 다항식 곡선을 선택하였다. 어떠한 곡선을 선택하여도 설계 방법은 동일하므로 모든 논의는 MT곡선들에 대하여만 전개하고자 한다. 선정된 3종류의 변위곡선들을 요약하면 다음의 Table 1과 같다. 또한 이들에 대한 변위선도를 Fig.6에 나타내었다.

Table 1 Displacement diagrams

Cam Name	곡선 Type	특징	주요각도(deg.) (Φ_1, Φ_2, Φ_3)
MT60	MT	Dwell $D_1=D_2=60$	(60,180,240)
MT75	MT	Dwell $D_1=D_2=75$	(75,180,255)
MT90	MT	Dwell $D_1=D_2=90$	(90,180,270)

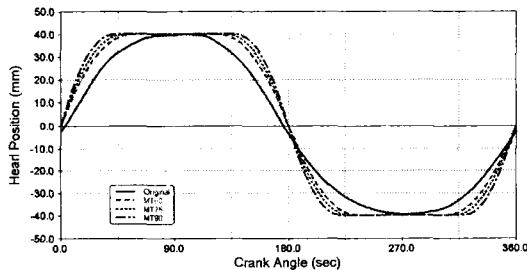


Fig.6 Designed displacement curves

선정된 변위곡선에 대해 다음의 4가지 캠 윤곽을 설계하였다. ADAMS는 원경종동절을 가진 캠의 윤곽설계를 위한 설계도구를 갖고 있다. Fig.6에서 정의된 원경종동절의 변위자료를 입력하면, 그러한 변위에 해당하는 캠 형상을 생성해내는 것이 가능하

다. 이 때, 종동절의 변위 자료는 $(\phi_i, y_i), i=1, \dots, N$ 의 형태로 입력한다. ADAMS에서는 이들 입력된 점들사이의 스플라인 함수로 보간하여 사용한다. 본 연구에서는 하나의 캠 윤곽을 설계하기 위해 $N=6000$ 개의 데이터 포인트를 입력하였으나, 실제로는 이보다 훨씬 작은 개수의 데이터로도 충분하였을 것이다.

기존의 캠에서 설계를 변경함으로써 해서 언더컷(Undercutting)이나 압력각문제가 발생할 것에 대비하여 Fig.1에 보인 캠 볼의 위치를 기존의 기구에서보다 캐 회전축으로부터 10mm 더 멀리 배치한 경우에 대한 캠 윤곽도 생성하였다. 이러한 경우에 대해서는 캠 이름 끝에 2를 첨부하여 구분하였다. 예를 들면 Cam752는 75°정지캠이며, 캠 볼의 위치가 원래 기구에서보다 10mm 더 멀리 배치한 경우에 대한 것이다.

4. 설계결과

Fig.7에는 여러 가지 변위곡선들에 대해 설계된 캠의 형상을 원래 캠의 형상과 비교하였다. 생성된 캠들은 원래 캠의 형상에 비해 아래 쪽 볼이 훌쩍하게 나타났으나, 그 곡률반경들이 캠 그라인딩 장치를 활용하여 캠을 가공하는데에 문제점이 없는 것으로 판명되었다.

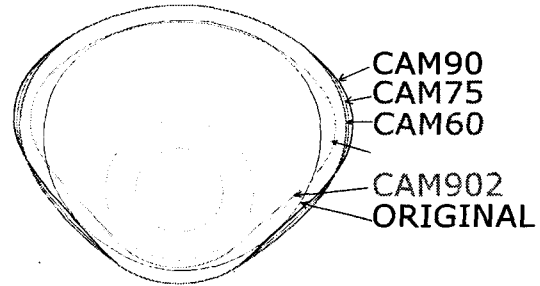


Fig. 7 Comparison of designed cam profiles

Fig.8에는 설계된 캠들에 대한 압력각을 나타내었다. 압력각은 다음과 같이 정의되었다². 임의의 순간에 캠과 캠 볼 사이의 접촉점을 P라고 하자. 이 때, 캠 볼상의 P점의 속도와 P점에서의 공통법선 사이의 각을 압력각으로 정의하였다. 일반적으로 캠의 압력각은 30°이내를 추천하고 있으므로, MT60이나 MT752정도가 만족스러우며, 나머지의

경우에는 전동특성이 나빠질 것이 우려되었다. 애당초의 염려대로 MT70에 대해서는 압력각 문제가 발견되었으나, 직기의 회전 속도가 150rpm 정도로 그다지 높지 않았기 때문에, 실험에서는 MT75 캠을 그대로 사용해 보기로 하였다.

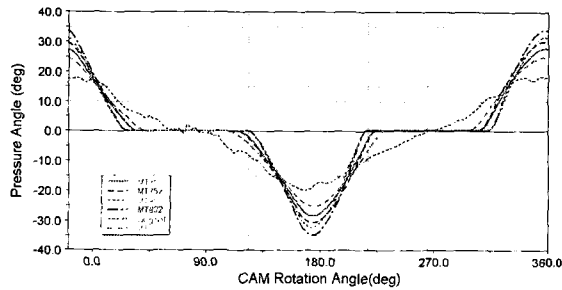


Fig. 8 Pressure Angles

5. 실험

앞에서 설명한 여러 가지 캠 형상들이 의도한 바 제대로 설계되었는지, 또한 그 결과 요구하는 개구곡선이 얻어지는가를 알아보기 위하여 본 연구에서는 설계된 캠을 그대로 제작하여 실험을 실시하였다. 실험에서는 MT75 및 MT60 2종류의 캠을 실제로 가공하였고, 이를 실험직기에 부착하여 종광들의 운동을 직접 측정함으로써 개구곡선을 실험적으로 얻고, 그 결과를 설계치와 비교해 보았다. 종광들의 변위를 측정하기 위하여 Potentiometer 형의 LVDT를 활용하였다.

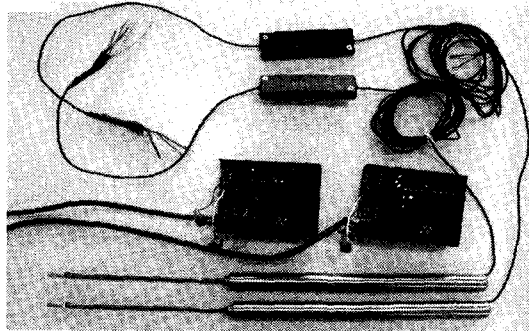


Fig.9 LVDT sensors

Fig.9에는 유효 변위 100mm까지 측정할수 있는 LVDT와 부대장치를 보이고 있으며, Fig.10은 실험

직기상에 한 쌍의 LVDT가 부착된 모양을 나타낸다. 이들 LVDT는 총 변위 80mm에 달하는 종광들의 변위를 직접 측정하게 된다. Fig.11에는 제작된 캠 중 MT60을 보여 준다. 캠은 CNC 선반에서 황삭된 후 KOPP사의 캠 전용 연마장비에서 정삭처리되었다.

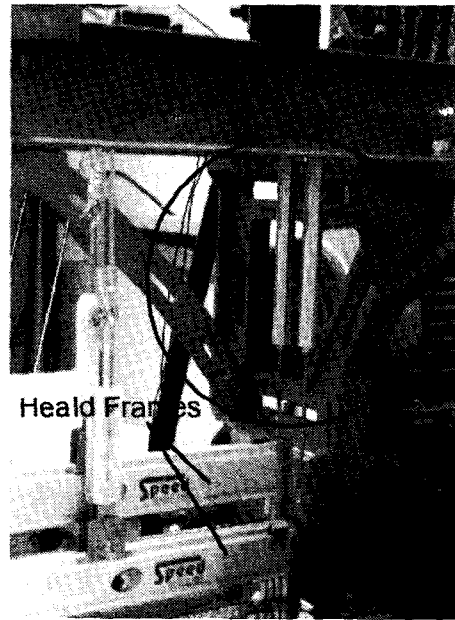


Fig.10 LVDTs mounted on experimental loom

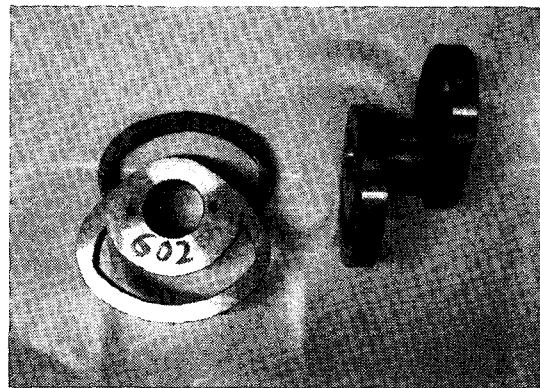


Fig. 11 Fabricated cam(MT60)

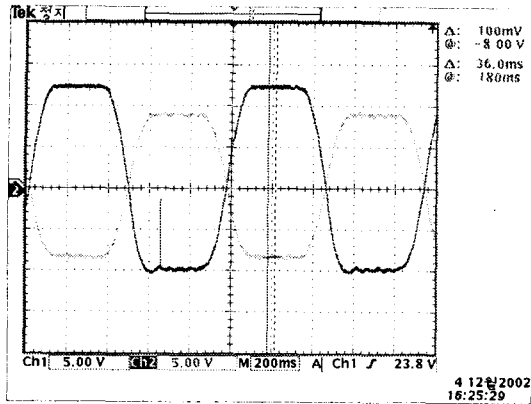


Fig. 12 LVDT signals(MT75)

Fig.12에는 MT75 캠을 실험직기에 설치하고, 종광틀의 운동을 측정된 결과를 나타내었다. 실제로는 직기의 후방에 설치된 종광틀일수록 변위가 더 크기 때문에 Fig.12에 보인 두 조의 측정결과치는 그 크기에 있어 현저한 차이를 보인다. 변위가 더 큰 직기 후방의 종광틀에 대한 신호가 정체구간에서 약간의 진동현상을 보이고 있는 점을 제외하고 전체적으로 규칙적인 운동을 하고 있는 것처럼 보인다. 이러한 떨림 현상은 복귀 스프링이 약하여 일어난 현상처럼 보이나 확실치는 않다. 다만, 이는 본 연구의 일차적인 관심사항이 아니므로 더 이상 추적하지 않았다. Fig.13에는 실험에서 구한 변위선도를 이론치와 비교해 보기 위해 겹쳐본 것이다. 두 곡선의 모양이 잘 일치함으로써, 본 연구에서 제시한 설계방법이 소기의 목적을 달성하였음을 입증한다고 볼수 있다.

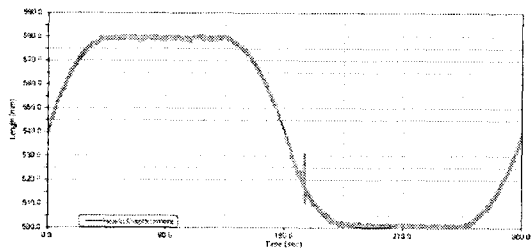


Fig. 13 Comparison between measured and designed data(MT75)

6. 결론

본 연구에서는 직기의 타펫 개구장치와 관련하여 원격종동절 설계문제를 ADAMS소프트웨어를 활용하여 해결하는 방안을 제시하였다. 원격종동절인 종광틀의 운동을 정의하고, 이러한 운동이 만들어 지도록 평판캠의 형상을 설계하는 과정을 보였으며, 그 결과 몇 종류의 캠 형상을 얻었다. 특히, 설계과정에서 얻어진 캠이 원하는 의도하는 바 대로 원격종동절의 운동을 만들어 내는 것을 입증하기 위한 직접적인 실험방법으로서 LVDT를 사용하는 방법을 제안하였다. 실험을 위하여 전용 캠연마기를 활용하여 캠을 실제로 제작하였고, 이를 실험직기에 장착하여 원격종동절인 종광틀의 운동을 측정해 보았다. 실험결과 원격종동절의 운동은 설계자가 의도하는 바와 잘 일치하였으며, 그 결과 본 연구에서 제안한 설계방법이 타당함을 알수 있었다. 본 연구에서의 방법은 직기에서 타펫개구장치는 물론 도비 등과 같이 원격종동절 형태로 구동되는 개구장치나 기타 장치를 설계하는데도 유용하게 활용될수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 1997학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것이며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Erdman, A.G. et al., "Mechanism Design Vol.1 : Analysis and Synthesis," Prentice Hall, 2001.
2. Norton, R.L. "Cam Design and Manufacturing Handbook," Industrial Press, 2002.
3. Shin, Joong-Ho et al., "A Study on the Kinetodynamic Analysis for ..," J. KSME(A), Vol.21, No. 6, pp.871-883, 1997.
4. Yang, Hyun-Ik, Yu, Ho-Yune, "Development of Modulated Planar Cam-Linkage Mechanism Design Software," J. KSPE, vol.16, No. 1, pp.125-131, 1999.
5. <http://www.adams.com>
6. Talavasek, O. & Svaty, V. "Shuttless Weaving Machines," Elsevier, 1981.