

## 유연 승강기용 부품의 적용 설계에 관한 연구

최성대\*(금오공대 기계공학부), 정선환(금오공대 기계공학부),  
조규열(금오공대 대학원 기계공학부)

### A Study on Adaptive Design of Mechanical Part for Smooth Lift

S. D. Choi(Mech. Eng. Dept., KIT), S. H. Cheong(Mech. Eng. Dept., KIT)  
and G. Y. Cho(Mech. Eng. Dept. Grad., KIT)

#### ABSTRACT

This study was carried out to minimize the lifting force of a two hinge type stand mechanism. This unit is designed for the display devices in order to enhance the ergonomics for effective height adjustment and maintenance at any preferred position. The unit will be very useful for the mechanism fabricated with a coil spring and disc springs as a torque generator. The maximum and the minimum torque value should be calculated initially for the smooth lift. And the reasonable torque distribution is necessary to prevent any AUTO LIFT and AUTO Drooping at any position because the torque generated by coil spring is more sensitive than disc spring in tilting the position. Therefore, the analysis of the coil spring is requisite to issue the specific torque value depending on the distorted angle with securing reliability of a long time storage condition. After the theoretical torque value was calculated, the evaluation was carried out by making a proto-type sample, then distorted angle was updated by experiment. The result of this study can readily be applied to various units for the optimization of the smooth lift.

**Key Words** : TFT-LCD Display, Hinge(힌지), 6시그마, Spring(스프링), Monitor(모니터)

#### 1. 서 론

디스플레이 장치는 브라운관(CRT)에서 1997년부터 평판 디스플레이인 LCD, PDP등 공간절약형인 새로운 디바이스(Device)를 활용한 제품이 출시되기 시작했고, 오는 2005년이 되면 LCD 모니터의 판매량이 CRT모니터 수요량을 능가하리라는 전망이 예상되며, 업체마다 LCD 디스플레이 상품의 선점을 위해서 대형화, 고급화, 사용상 편리성을 강조한 제품을 앞 다투어 개발, 출시하고 있다. LCD 패널 품질은 고객에게 매력력을 줄수 있는 경박단소 및 다양한 환경에서 사용할 수 있는 편리성을 감안한 고급형 상품공급업체의 확보가 중요하게 되었다. 더구나 사무환경 개선을 위해서 유럽을 중심으로 인체공학적 설계를 유도하기 위해서 디스플레이 장치의 높낮이를 사용자의 눈높이에 따라 조절할 수 있게 하는 유연한 승강기구의 개발기술이 필요로 한다.

본 연구는 인간이 사용하기 편리한 위치로 이동시 유연성을 갖고 있으며, 특정 위치에서 손을 놓아

도 그 위치를 견지할 수 있으며 특별히 장시간(약 7000회) 사용가능 하도록 구상된 부품(Hinge)에 관한 연구이다. 지금까지는 경험에 의한 설계로 부품(Hinge)의 구성 요소간의 토오크(Torque) 분배 및 구성요소의 사양 결정이 일정한 기준 없이 관념에 의해 결정, 설계되었다. 그러나 부가 가치성이 높은 2절 힌지 구조를 갖는 디스플레이 시스템의 유연 승강용 부품을 체계적인 방법으로 설계 제작하여 적용하였다. 따라서, 기존과 동일 가격대를 유지하면서도 유연승강기능을 구현하기 위해 먼저 토오크의 변화량을 계산하고, 이론적인 기대치와 실제 실험에 의한 결과치를 상호 비교 분석하여 최적의 유연한 승강기능용 힌지를 개발하는 것이다. 그리고 본 연구 대상의 디스플레이의 유연승강시스템은 힌지A, 힌지B의 두개의 작동점을 갖는 구조로 구성되었으며 그 중 비교적 모멘트 변화량이 큰, 난이도가 높은 힌지에 대하여 집중 연구하였고 모멘트 변화량이 적은 다른 힌지부는 같은 논리를 확대 적용시 쉽게 해결할 수 있으므로 생략하였다.

## 2. 시스템의 이론적 계산

### 2.1 시스템의 토오크 범위 설정

각 힌지에 세팅(setting)해 놓은 구속각도에 따라 결과치가 달라질 수 있으므로 Fig. 1과 같이 구속조건을 설정해 두기로 한다. 여기서 힌지 A는 수직에서 시계방향으로 145°의 이동각도를 가지며, 힌지 B는 지면에서 시계방향으로 55°의 이동각도를 갖도록 설정하였다. 여기에서 F1은 몸체를 앞으로 승강하는 힘으로서 최소값을 0.5kgf로 설정하고 F2는 몸체를 뒤쪽으로 승강하는 힘으로 최소값을 0.5kgf로 설정하였다. 또한 시스템을 이루는 구성요소의 무게와 작동점까지의 거리의 변수는 Table 1에 표시하였다. Fig. 1에서 몸체가 직립형으로 최대높이를 유지하고 있을 때, 힌지 B에 인가되는 앞 방향(Forward), 뒷 방향(Backward)의 토오크의 관계식은 식(1)과 식(2)에 각각 나타내었다.

$$M_a = F1 * L_b + W_h * X_h + W_s * R'' \quad \dots \quad (1)$$

$$M_b = -F2 * L_a + W_h * X_h + W_s * R'' \quad \dots \quad (2)$$

여기서 F1: 앞 방향 Lifting Force

Lb: 작동점까지의 팔의 길이

F2: 뒷 방향 Lifting Force

La: 작동점까지의 거리

이며, 그리고 식(2)에서는 Base가 리프트되는 모멘트 즉,  $W_b * X_b$ 보다는 적어야 한다. Fig. 2에서는 가장 많은 토오크가 필요한 모습을 나타낸다. 힌지 A의 최대각도인 145°일 때와 힌지 B는 몸체가 베이스에 닿은 상태, 즉 19°의 각도일 때 가장 큰 토오크가 필요하게 된다. 힌지 B에 인가되는 최대 토오크는 몸체의 무게중심이 가장 앞 방향에 위치해 있을 때의 팔의 길이가 최대로 길어지게 되고, 또한 힌지 B를 중심으로 추가적으로 인가되는 토오크는 파지부에 앞 방향으로 공차를 감안한 힘 F1에도 견딜 수 있도록 감안해 둘 필요가 있다. 이와 같은 관계조건을 수식화 하면 식(3)과 같이 나타낸다.

$$M_a = F1' * L_h + W_h * X_h + W_s * R'' \quad \dots \quad (3)$$

여기서 F1' : Forward force 이다.

Fig. 3은 힌지 B에 걸리는 최소 토오크의 모습을 나타내었다. 뒷 방향으로 최대한 이동되는 시점 즉 힌지 B각도가 55도가 되는 시점이라고 할 수 있고, 힌지 A도 몸체의 무게중심이 힌지 A의 중심과 수평인 지점이라고 할 수 있다. 또한 추가로 인가 될 수 있는 힘 F2는 힌지의 공차를 감안하여 약 0.94kgf의 힘을 인가할 때, 힌지 B가 움직이기 시작한다고 가정

하면 힌지 B에 걸리는 최소 토오크는 식(4)와 같다.

$$M_b = -F2 * L_a + W_h * X_h + W_s * R'' \quad \dots \quad (4)$$

여기서 F1' : backward force 이다.

Table 1 Condition of parameters

Parameter	Condition
Wh	Head weight
Ws	Support weight
W2	Wh + Ws
Wb	Base weight
Xh	Distance of hinge B and head
X2	Distance of hinge B and W2
R''	Distance of hinge B and support
Xb	Distance of hinge B and base
R'	Distance of hinge B and hinge A

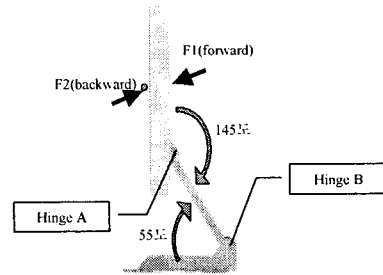


Fig. 1 Binding condition of hinges in display system

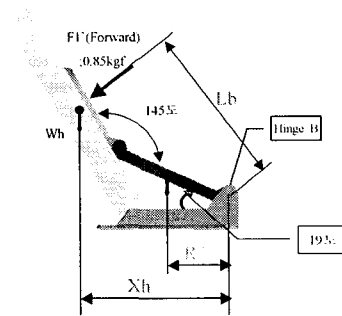


Fig. 2 Maximum torque position of hinge B

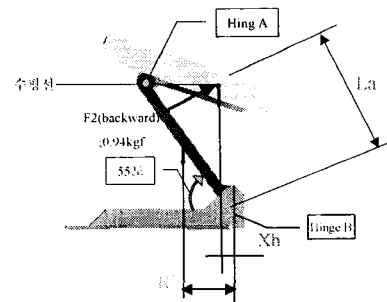


Fig. 3 Minimum torque position of hinge B

## 2.2 유연 승강용 부품의 구성

Fig. 4는 힌지 B의 구성품을 나타내었다. 축 (Shaft) a와 브라켓 b가 마주 보고 있고 래버 c가 축의 중앙부에 스크류 j에 의해서 부착된 구조이다. 축 a를 브라켓 b에 고정하기 위해서 너트 d가 구성되고 래버 c의 동작 범위를 구속하기 위한 메탈 e가 너트 체결 직전에 결합이 된다. 토오르크를 발생시키기 위한 구조로서는 축 a의 축심방향으로 삽입된 접시스프링 f가 몇 개씩 마주보며 결합되었고, 코일스프링 g의 유동을 구속시켜 주는 안내봉 h가 코일스프링 g 결합전에 삽입되어서 스프링의 위치를 보정시켜 주며 접시스프링 f를 압착시켜 마찰력을 발생케 한다. 한편 스프링의 양 단자 중 한쪽은 브라켓 b에 발생된 홀(Hole)에 결합되고 다른 한쪽 단자는 래버 c의 가까이에서 축 a에 회전 방지형으로 삽입된 디스크 k에 발생된 홈에 형합되어진다. 이상과 같은 결합이 완료된 상태에서 래버 c에 인가되는 다양한 토오르크 값을 너트 d를 조임으로 브라켓 b를 축 방향으로 이동시켜서 접시 스프링 f를 압착시킴으로 말미암아 발생하는 토오르크와 코일스프링 g의 양 끝단을 고정시켜 래버 c를 움직임에 따라 스프링에 발생하는 비틀림 토오르크로 분산, 소화 되는 구조이다.

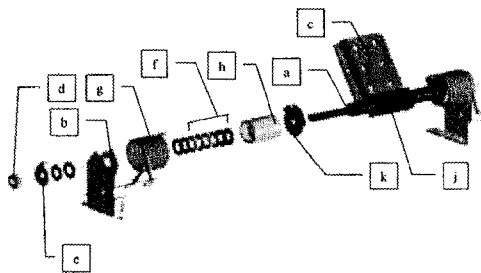


Fig. 4 Component parts of hinge B

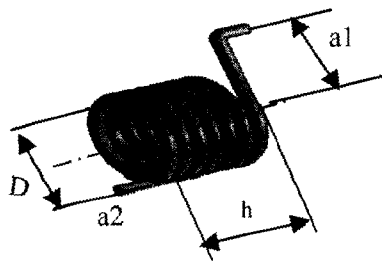


Fig. 5 Design parameters of coil spring

### 2.2.1 코일 스프링의 설계

Fig. 4에 나타낸 것과 같이 힌지 B에서 토오르크를 발생시킬 수 있는 구성요소는 코일 스프링과 접시 스프링이다. 접시 스프링에 발생하는 토오르크는 너트를 조임으로 발생하는 것으로 틸트 각도가 0 - 55°

까지 가변할 때 항상 일정하지만 코일 스프링에서 발생한 토오르크는 스프링의 양단자간의 비틀림 각도에 따라 식(5)와 같이 가변적이다. Fig. 5에는 코일 스프링의 설계변수를 나타내었다.

$$\Phi = (64ML)/(E\pi D^4)380/\pi \dots\dots(5)$$

E : Spring 종탄성 계수

d : Spring 선경

D : Spring 평균직경

N : Spring 감긴권수

$\sigma$  : Spring 응력

$\sigma B$  : Spring 허용응력

a1, a2 : Spring arm의 길이

L : Spring 전개길이

M : Spring torque

$\Phi$  : Spring 비틀림각

h : Spring 높이

여기서,  $L = \pi DN + (a1+a2)/3$  이다.

## 3. 힌지의 제작 및 성능평가

### 3.1 힌지 시제품 제작

코일 스프링 시제품 제작 할 때 주요 고려 사항은 첫째로 재질, 평균직경, 선경 등 제반 사양은 이론과 같이 하였으나 반복 사용 시 소음을 제거하기 위해서 코일 표면에 니켈도금 후 그리스를 도포한다. 둘째로는 스프링간의 유격을 최대한 줄여서 최대높이 규격인 17.5mm를 준수한다. 셋째 자연상태의 스프링 아암(Arm)이 이루는 각도는 이론과 같이 114.5°를 준수하였고 실제 스프링 백(Spring Back) 현상 때문에 맞추기가 어려웠다. 일반적인 코일 스프링 공차는 ±10%정도이다. 스프링 안내봉은 코일 스프링의 내부에 삽입되어서 스프링이 뒤틀림 응력을 받을 때 축 방향 중심을 잡아 주는 역할과 너트를 조여 탄성 디스크에 압축 토오르크를 발생시킬 때 축 방향으로 디스크를 밀어 주어 압착시키는 것과 탄성 디스크의 외경과 코일 스프링의 간격을 일정하게 유지하도록 도와 주는 역할을 한다.

접시 스프링을 조립할 때 디스크간의 마찰로 마모 또는 소음이 발생할 수 있으므로 적절한 내구성이 있는 그리스 기름을 골고루 도포하였다. 그리스는 비단 디스크에만 해당되는 것이 아니라 스프링과 안내봉 사이에도 골고루 발라야 한다. 그리스 액의 유, 무에도 초기 이론적으로 계산한 토오르크의 변화가 있을 수 있다. 접시 스프링들의 압착에 의한 토오르크는 인접해 있는 육각 너트에 토오르크 메타(Meter)를 삽입시켜 조이면서 이상적인 마찰 토오르크를 셋팅(Setting)한다.

### 3.2 현지 시작품의 성능평가

시작품을 30개를 만들고 구성요소들에게 분배된 이론 토오크량 즉, 스프링 아암의 자유각도를 이론값과 같이 114.5°로 제작하였고 스프링 내부에 안내봉, 즉 최대 비틀림(아암각 0°)상태의 90%수준으로 제작된 안내봉을 끼우고 접시 스프링이 없는 상태에서 토오크를 측정 결과 측정치가 이론치인 310.5Kgf-mm보다 22.5kgf-mm 모자라는 288kgf-mm를 얻게 되었다. Fig. 6에는 코일 스프링의 성능측정 결과를 나타내었다. Fig. 6에서 LSL는 Lower Spec. Limit의 준말로서 이론값 기준 Low방향으로 2.5%의 공차내에 스프링을 만들 수 있다는 가정에서 책정된 임계값을 나타낸다. 또한 USL는 Upper Spec. Limit의 준말로서 이론값 대비 High방향으로 2.5%의 공차내에 스프링을 제작할 수 있다는 가정에서 상한 임계값을 나타낸다. 또한 막대 그래프의 높이는 30개의 시료를 제작하여 토오크를 측정결과 대역별 분포를 나타낸 것이고 실선은 6시그마의 Zst로서 동일시점에 생산품 30개를 제작해서 품질분포를 표시한 것이고 점선은 ZIt로서 생산시점이 다른 Lot의 생산품 중에서 각각 5개씩 6 Lot의 제품 30개를 모아서 토오크를 측정정한 결과를 표시한 것이다. 산포의 중심이 이론치에 있지 않고 토오크가 저하된 위치에 있음을 알 수 있다.

스프링 토오크 편차의 주요 원인은 감겨진 코일간의 소음방지용으로 도포한 그리스액에 의한 마찰력 저하 및 안내봉 외경과 코일내경간의 10% 갭(GAP) 유지시킨 연고로 스프링중심 이동으로 토오크값 저하등으로 예상되며, 끝 단자간의 비틀림 각도를 약 10도 추가하고, 비틀림토오크 공차(Tolerance)를 ±2.5%를 ±5%로 변경 적용하여 이론치에 접근된 결과를 도출시킬 수 있었다.

스프링 아암간의 각도를 10°보상하여 동일조건의 안내봉을 삽입시켜 측정한 토오크값을 나타내고 실제 제작한 스프링간의 공차의 범위인 5%를 스펙화하여, 접시 스프링이 없는 코일 스프링 단품 상태에서 토오크 범위를 측정정한 결과 Fig. 7와 같은 양호한 분포와 대부분 LSL과 USL의 중앙부에 위치하므로 안정되어 있음을 알 수 있었다.

## 4. 결론

유연 승강을 목적으로 코일스프링과 접시스프링을 조합한 구조물 설계시 고려할 사항을 연구한 결과 아래와 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 자중에 의한 모멘트 이동범위가 넓은 2절 힌지를 채택한 제품 구조에서 특정 힌지를 기준하여 최대, 최소 모멘트를 견딜 수 있는 힌지를 설계함에 있어 이론적으로 각 힌지의 토오크 발생장치인 코일

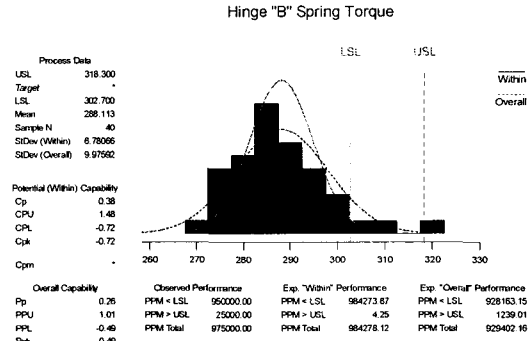


Fig. 6 Result of performance test

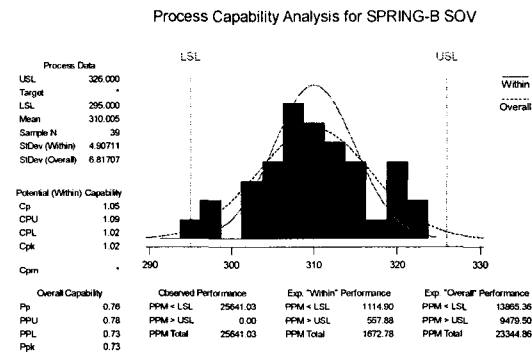


Fig. 7 Result of performance test to repair

스프링과 접시 스프링간에 적절히 배분하여 분배된 토오크에 맞는 스프링 사양을 선정하여 시작품을 제작한 결과 코일스프링의 뒤틀림 각도를 이론값보다 약 10도 보상하고 제작시 비틀림 토오크의 공차를 약 ±5%를 설정한 결과, 별도의 재료비를 추가하지 않고 인간공학적으로 사용하기 편한 유연 승강기능을 갖춘 현지 부품을 개발이 가능하다.

2. 뒤틀림 각도를 10°추가한 것은 소음 방지용으로 코일간의 마찰음을 제거하기 위해 그리스 기름을 바른 것에 의한 마찰력 저하와 안내봉과 코일 내경간의 간섭을 방지하기 위해 약 10%의 공간을 준 것의 보상치로서 비틀림 발생시 안내봉과 코일간의 공간을 이용한 코일 중심치의 이동으로 말미암아 이론값보다 낮은 토오크를 발생한 것으로 추정되었다.

## 참고문헌

1. 한국공업규격, 비틀림 코일 스프링 설계 기준 (KS B 2399)
2. 황병복, 고병두, 산.학.관 컨소시엄 최종 보고서, 인하대학교, 2000
3. 편집부역, 기계 기구설계 편람, 동화기술, 1995