

모니터용 유연 승강의 스프링 설계에 관한 연구

정선환*, 최성대#, 변용근**, 최은환***

A Study on the Spring Design of Smooth Lifting System for Monitor

Seon-Hwan Cheong*, Seong-Dae Choi#, Yong-Kun Byun**, Eun-Hwan Choi***

ABSTRACT

This research is materialized the mechanism of a interlocking elevator device to meet with customer's requirement demanding a variety of function. On this suitably theoretical translation and by considering of material significance of the most factor's tension spring and torsion spring, it's compared and reviewed the stress's calculation according that SWC and SWPB applied differently. And also that is approved through actual experiment. Out of a variety of feasible movement. Torque Balance is materialized by combination of tension spring, torsion spring and disk spring. So that application of 3 factors for optimal design is very important factor. In future, this research thesis make sure to play a highly role for application and improvement mechanically in various industry sector out of materializing interlock.

Key Words : Universal Mechanism(연동기구), Tension & Torsion spring(인장 및 비틀림 스프링), SWC(경강선), SWPB(스프링선), Stress-strain(응력변형률)

1. 서 론

최근 멀티미디어의 발전과 함께 디스플레이는 인간과 컴퓨터를 연결하는 인터페이스로서의 중요도를 더해가고 있다. 넓은 공간을 차지하는 브라운관에 비하여 공간을 차지하지 않은 박형 디스플레이가 실용화되어 급속히 보급되고 있다. 또한 10인치 이상 크기의 양산은 불가능하다고 여겨진 박막트랜지스터

액정표시장치(TFT-LCD)는 오늘날 휴대용 컴퓨터 디스플레이의 주류를 이루고 있으며, 컴퓨터와 더불어 텔레비전, 비디오카메라, 자동항법장치 혹은 게임기기 등 다양한 제품에 응용되고 있다. 또한, 액정표시장치(LCD) 모니터와 텔레비전의 수요 증가로 스텐드 조립부의 다기능성 및 고품질을 비롯한 원가절감을 목표로 끊임없는 기술혁신이 요구되고 있다. 특히 액정표시장치(LCD) 모니터 및 텔레비전 등 가전제품 시장에서는 슬림화와 다기능성 및 내구성은 매우 중요한 요소로 부상되고 있다. 그러므로 최근 각 업체 별로 평준화된 액정표시장치(LCD) 모니터의 품질이 점차 경박단소 및 편리성 즉, 인체공학적 설계와 디스플레이 장치의 높낮이를 사용자의 눈높이에 따라 조정할 수 있게 하는 경쟁력 있는 유연승강기구의 개

* 금오공과대학교 기계공학부

교신저자 : 금오공과대학교 기계공학부

E-mail : sdchoi@kumoh.ac.kr

** 금오공과대학교 대학원 기계공학부

*** 구미기능대학 자동화시스템과

발기술이 중요한 시점이라 하겠다^[1].

따라서, 본 연구는 다기능성 메커니즘을 적용한 유연승강기구의 구조 중 중요한 부품인 연동기능을 가진 인장 코일 스프링 및 비틀림 스프링의 모니터의 눈높이 조절에 따른 6가지 자세의 작동조건에서 토오크의 산정 및 재질에 따른 스프링의 변화량을 측정하고, 그 결과를 이론치와 비교분석하였다. 또한 장시간 접기 자세에서 제품의 안정성을 유지할 수 있도록 최적설계조건을 검토하였다^[2-6].

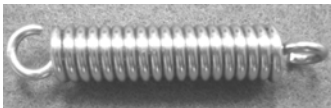
2. 유연승강기구의 토오크 및 변형량

2.1 유연승강기구의 구조와 스프링 조건

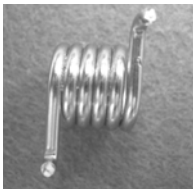
본 실험에 사용된 유연승강기구는 A사의 액정표시장치(LCD) 모니터에 장착되며 주요 부품으로는 상하부 링크, 인장스프링, 비틀림 스프링 등으로 구성된 Fig. 1에는 유연승강기구가 적용된 제품의 사진을 나타내었다.



Fig. 1 View of flexible lift mechanism



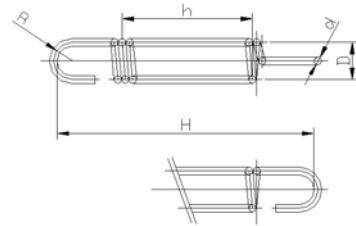
(a) Tension spring



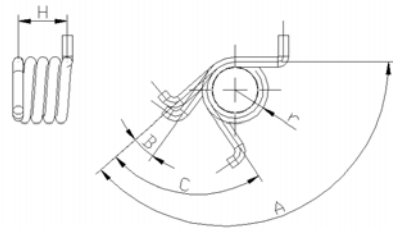
(b) Torsion spring

Fig. 2 Product of tension & torsion spring

유연승강기구의 인장 스프링에 사용된 재질은 경강선(SWC), 피아노선(SWPB)이다. Fig. 2는 제작된 제품의 사진이고, Fig. 3은 스프링의 제작도이다.



(a) Tension spring



(b) Torsion spring

Fig. 3 Working drawing of spring

여기서, H는 자유길이, A는 자유각도, r은 스프링 전체의 반지름, C는 스프링 지수, τ 는 전단응력, D는 평균지름, d는 소선의 지름이고, 인장스프링의 경우 Whal의 수정계수 K는 식 (1)과 같고, 축방향에 작용하는 하중 W에 의해서 발생하는 전단응력은 식 (2)와 같다.

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{K8DW}{\pi d^3} \quad (2)$$

단, $C=D/C$ 이고, C를 스프링지수라 한다.

비틀림 스프링의 경우 Whal의 수정계수 K_b 는 식 (3)으로 나타내고, 비틀림 응력은 식 (4)와 같다.

$$K_b = \frac{4C^2 - C - 1}{4C(C-1)} \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{E \phi d^2}{360DN} \times K_b \quad (4)$$

여기서 E는 탄성계수이고, ϕ 는 변위각, d는선경, D는 평균경, N은 권수이다.

식 (1), (2)를 적용하여 계산된 결과, 인장스프링에서 1차 응력비는 경강선(SWC)이 59.1, 피아노선(SWPB)이 46.3이고, 2차 응력비는 경강선(SWC)이 98.4, 피아노선(SWPB)이 77.2로 피아노선(SWPB)이 경강선(SWC)보다 1차 하중 및 2차 하중에 대한 스프링 응력비에 의한 감소율이 계산결과 이론적으로 22%로 우수함을 알 수 있다.

그리고 유연승강기구의 비틀림 스프링에 사용된 재질은 경강선(SWC), 피아노선(SWPB)이며 경강선(SWC)이 41.74이고, 피아노선(SWPB)은 140이므로 피아노선(SWPB)이 경강선(SWC)보다 1차 작동 및 2차 작동에 대한 스프링 응력비에 의한 감소율이 계산결과 이론적으로 16%로 우수함을 알 수 있다.

2.2 유연승강기구의 토크

본 연구에 사용된 모니터에 부착된 유연승강기구 중 현재까지 가장 안정된 다기능성이 부여된 A사의 연동구조를 가진 기종이다. Fig. 4는 유연승강기구의 6가지 자세 중 가장 일반적으로 구현 가능한 자세를 나타내었다. 또한, 모니터의 6가지 자세에서 유연승강기구에서 모니터 판넬부 무게(W_h), 지지부 중량(W_s), 베이스부 중량(W_b), 모니터 앞에서 미는 힘(F_1), 모니터 뒤에서 미는 힘(F_2)의 조건에서 상부 관절부 A, 하부 관절부 B에 작용하는 최소 및 최대 토크 값(T_{Af} , T_{Bf})을 구하였다.

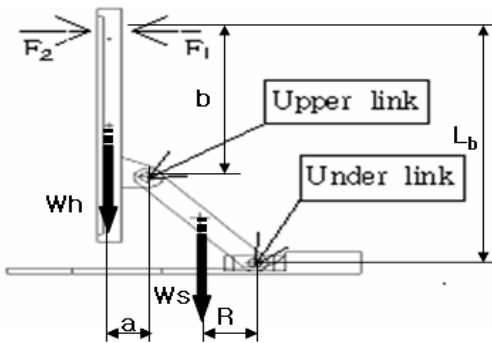


Fig. 4 Structure of flexible lift mechanism

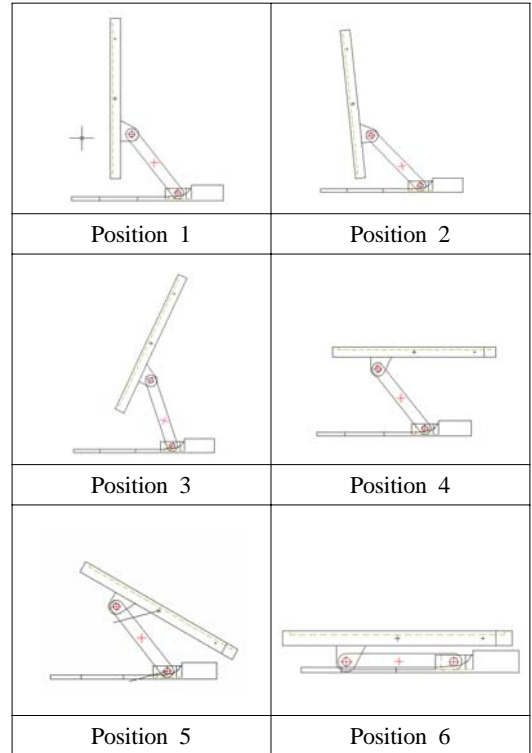


Fig. 5 Working Model of flexible lift mechanism

그리고 Fig. 4에서 발생되는 토크는 상부관절(T_{Af} , T_{Ab}) 및 하부관절(T_{Bf} , T_{Bb})에서 아래의 식 (5), (6), (7), (8)과 같다.

$$T_{Af} = F_1 b + W_h a = 272.4 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \quad (5)$$

$$T_{Ab} = -F_2 b + W_h a = -139.76 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \quad (6)$$

$$T_{Bf} = F_1 L_b + W_h X_h + W_s R = 591.94 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \quad (7)$$

$$T_{Bb} = -F_2 L_b + W_h X_h + W_s R = -75.58 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \quad (8)$$

그리고 자세별에 따라 앞으로 미는 힘(F_1)과 뒤로 미는 힘(F_2)의 크기는 자세의 안정성을 고려하여 다르게 하였으며, 유연승강기구의 6가지 자세별로 구한 토크 값은 Table 1과 같다.

Table 1 Torque of each position

Division	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Position 5	Position 6
Upper link A	272.4	194.55	7.32	122.52	-137.12	-168.36
	-139.76	-	-	-374.4	-	-
Under link B	591.94	571.85	486.8	217.12	-58.98	-47.96
	-75.58	-	-	-80.54	-	-

2.3 스프링의 변형량 측정

2.3.1 인장 스프링의 변형량 측정

액정표시장치(LCD) 모니터를 접을 때 움직이는 변위를 계산하여 초기치는 자유높이로써 54.7mm이며, 관절에 연결된 길이는 자유높이의 약 25%가 늘어난 68.48mm이고, 접었을 때 늘어난 길이는 자유길이의 약 57%가 늘어난 85.6mm로 변위를 주어 지그에 장착하였다.

지그는 고정플레이트에 변위길이별로 10개를 장착할 수 있게 제작하였으며, 위 아래로 고정핀을 설치하여 고정하였다. 그리고 30일간 변형량을 5일에 1회씩 총 6회를 측정하였지만, 마지막 30일 경과한 결과만을 나타내었다.

Table 2는 재질이 경강선으로써 변형량을 측정한 결과이고, Table 3은 재질이 피아노선으로써 변형량을 측정한 결과이다.

Table 2 Measured value of SWC

Division	Initial	25% trans.	57% trans.
Stroke(mm)	54.7	68.48	85.6
Force(kgf)	21.90	19.95	18.63
K Value(kgf/mm)	0.647	0.589	0.55
Transformation(%)	0	-8.87	-14.90

Table 3 Measured value of SWPB

Division	Initial	25% trans.	57% trans.
Stroke(mm)	54.7	68.48	85.6
Force(kgf)	21.90	21.68	20.40
K Value(kgf/mm)	0.647	0.641	0.60
Transformation(%)	0	-0.97	-6.82

2.3.2 비틀림 스프링의 변형량 측정

모니터를 자유각 상태에서 접을 때 움직이는 변위를 계산하여 초기치 126°를 기준으로 42°, 56°, 70°를 변형한 후 이를 지그에 10개를 각도별로 셋팅된 고정핀에 장착하여 30일간 변형량을 5일에 1회씩 총 6회를 측정하였지만 마지막 30일 경과한 결과만 검토하였다.

Table 4는 재질이 경강선으로써 변형량을 측정한 결과이고, Table 5는 재질이 피아노선으로써 변형량을 측정한 결과이다.

Table 4 Measured value of SWC

Division	Initial	42°	56°	70°
Torque(kgf·mm)	473.2	434.1	429.5	403.7
K Value(kgf·mm/θ)	5.77	5.29	5.24	4.92
Transformation(%)	0	-8.99	-10.16	-17.20

Table 5 Measured value of SWPB

Division	Initial	42°	56°	70°
Torque(kgf·mm)	473.2	468.5	455.0	450.7
K Value(kgf·mm/θ)	5.77	5.71	5.55	5.50
Transformation(%)	0	-0.99	-3.99	-4.98

3. 고찰

3.1 유연승강기구의 토오크

Table 1에서 유연승강기구의 6가지 자세별 토오크 값은 상부 관절(A)에서 최대 토오크는 포지션 4의 $T_{Ab} = 374.4\text{kgf} \cdot \text{mm}$ 이고, 최소 토오크는 포지션 3의 $T_{Af} = 7.32\text{kgf} \cdot \text{mm}$ 이다. 그리고 하부 관절(B)에서는 최대 토오크는 포지션 1의 $T_{Bf} = 591.94\text{kgf} \cdot \text{mm}$ 이고, 최소 토오크는 포지션 6의 $T_{Bf} = 47.96\text{kgf} \cdot \text{mm}$ 이다. 따라서 토오크의 크기가 작으면서 유연승강기구의 작동상태가 부드럽고, 장시간 자세를 유지하면 할수록 안정성이 있다고 판단된다. Fig. 6은 자세별 변형에 따른 토오크값을 나타내었다.

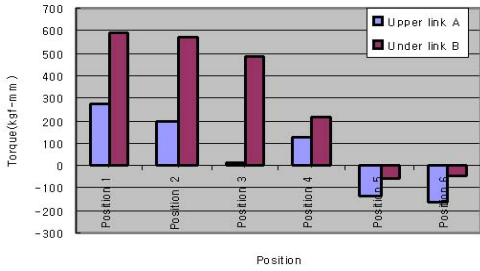


Fig. 6 Torque graph of flexible lift mechanism

3.2 스프링의 변형량

인장스프링의 유연승강기구는 부드럽고 힘의 균형을 유지시키면서 기구의 각도를 변화시키는 중요한 역할을 하며, 비틀림 스프링은 토크를 발생시켜 에너지를 축적함으로써 스프링의 각도에 변화를 주어 일정한 자세를 유지시키는 역할을 한다.

Fig. 7(a)에서 스프링 K값이 경강선은 0.647에서 0.55로 약 14.99% 감소되었으며, 피아노선은 0.647에서 0.606으로 약 6.34%가 감소되었다. 따라서 피아노선이 경강선보다 응력비에 대한 변형율이 안정적인 것을 알 수 있다. 그러나 경강선의 경우에도 시효 변형량이 25% 이상에는 피아노선과 같은 경향으로 스프링의 K값이 감소하는 현상이 나타난다. 이것은 본 연구에 사용한 경강선은 초기 스프링의 탄성범위가 넓게 되어 있지만 시간이 흐름으로 인하여 스프링의 K값은 시효 변형량이 25% 이내에서만 사용이 가능하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 재질에 따른 비틀림 스프링의 변형량을 나타내었고, Fig. 8(b)에서 스프링 K값이 경강선은 5.77에서 4.932로 약 15%가 감소되었으며, 피아노선은 5.77에서 5.50로 약 5%가 감소되었다. 또한 전 실험영역에서 시효 변형각이 변화함에 따라 스프링의 K값(Torque/θ)의 변화는 피아노선보다 경강선이 완만한 기울기 갖는다. Fig. 8(a)에서와 같이 본 실험에서는 피아노선이 경강선보다 응력비에 대한 변형율이 낮게 변화함으로써 안정적이라는 것을 알 수 있다.

Fig. 7과 Fig. 8의 결과에서 인장스프링과 다른 결과를 나타낸 비틀림 스프링의 경우, 경강선은 스프링의 원주방향의 시효변형보다 길이 방향의 시효변형이 쉽게 일어나고, 피아노선은 원주방향과 길이 방향에 관계없이 시효변형이 일어난다고 생각한다.

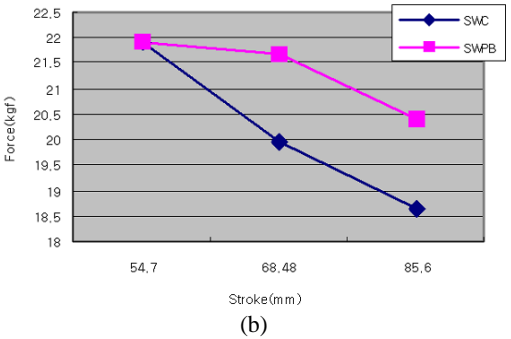
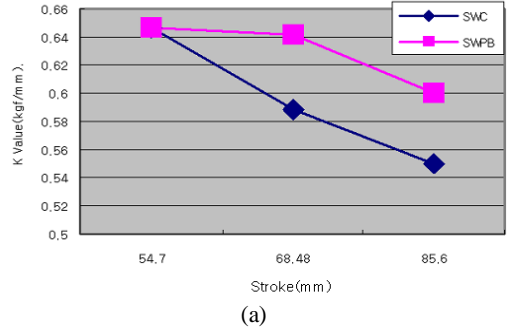


Fig. 7 Transformation graph of tension spring

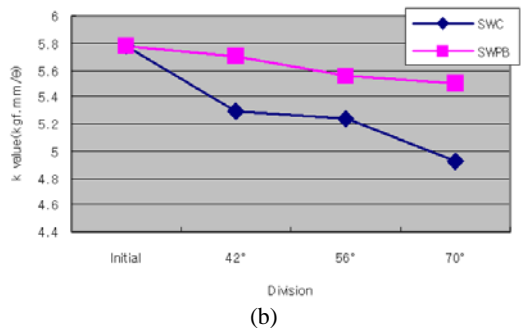
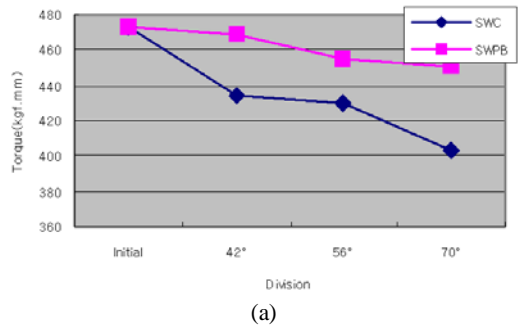


Fig. 8 Transformation graph of torsion spring

4. 결 론

참고문헌

다기능성 메커니즘을 적용한 유연승강기구의 구조 중 주요한 부품인 연동기능을 가진 인장 스프링 및 비틀림 스프링을 이용한 모니터의 눈높이 조절에 따른 6가지 자세의 작동조건에서 장기간 자세가 유지 되도록 토오크 및 변형량을 측정하여 이론치와 비교 분석하여 설계의 안정성을 검토하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 유연승강기구의 6가지 자세별 토오크는 상부관절(A)에서 포지션 4, 하부 관절(B)에서는 포지션 1에서 최대 토오크가 발생되었고, 상부 관절(A)에서 포지션 3, 하부 관절(B)에서는 포지션 6에서 최소 토오크가 발생되었다. 따라서 유연승강기구는 토오크의 크기가 작고 작동 상태가 부드럽게 장시간 자세를 유지하면 할수록 안정성이 있다고 판단된다.
2. 인장스프링에서 K값이 경강선은 약 14.99% 감소, 피아노선은 약 6.34%가 감소되었다. 따라서 피아노선이 경강선보다 응력비에 대한 변형률이 안정적인 것을 알 수 있다.
3. 비틀림 스프링에서 K값이 경강선은 약 15%가 감소되었고, 피아노선은 약 5%가 감소되었다. 따라서 피아노선이 경강선보다 응력비에 대한 변형률이 안정적인 것을 알 수 있다.
4. 링크의 자세에 따라 힘의 균형이 유지되도록 인장 스프링과 비틀림 스프링에서 상·하부에서 가해지는 힘에 따라 적정 토오크가 필요하다.
5. 6가지 자세에 따른 유연승강기구의 토오크와 변형량을 비교분석하여 링크를 이용한 다른 분야의 메커니즘에 기초 자료로 활용할 수 있다.

1. Cho, G. Y., "A Study on Mechanical Part for Smooth Lift," KNUT, pp. 8-18, 2003.
2. 허영준, 스프링 기술, 대원강업주식회사, pp. 7-754, 1994.
3. 정태영외 5인, 기계설계, 반도출판사, pp. 516-594, 1999.
4. 김석천외 2인, "SEM 관찰에 의한 세라믹의 구름마모 기구," KSLE, Vol. 5, No. 1, 1989.
5. 권용수의 4인, "다꾸치 방법을 사용한 여러변수들이 패키지균열에 미치는 신뢰도 평가," 대한기계학회논문집, Vol. 21, No. 6 pp. 951-960, 1997.
6. 양희철, "조정밀 매뉴플레이션을 위한 flexure hinge 그리퍼(gripper)에 관한 연구," 한양대학교, pp. 13-22, 2003.

후 기

본 연구는 금오공과대학교의 교내학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다. 대학 당국에 감사사를 드립니다.