

스프링식 로프 브레이크의 구조해석

이종선*, 원종진†

Structural Analysis of Rope Brake by Spring Type

Jong-Sun Lee*, Chong-Jin Won†

Abstract

The objective of this study is structural analysis of rope brake by spring type. The finite element model was developed to compute the stress, strain and friction force for rope brake by spring type. The ANSYS code was used for this analysis. In order to structural analysis of rope brake, many variables such as internal pressure, boundary condition, load condition and constraints were considered.

Keywords : Rope Brake by Spring Type(스프링식 로프 브레이크), Structural Analysis(구조 해석), Elevator(엘리베이터), Friction Force(마찰력), Internal Pressure(내압)

1. 서 론

최근 엘리베이터 관련 안전사고로 인해 엘리베이터 안전에 대한 여론이 높아지고 있는 실정이다. 이에 따라 안전검사 기준을 강화하는 것을 목적으로 엘리베이터 안전검사 기준이 채택되었다. 즉, 엘리베이터가 상승방향으로 과속하는 것을 방지하고, 엘리베이터가 착상구간에 정지한 경우 제어 회로 또는 브레이크에 이상이 발생하여 승강장 문이 열린 채 제어할 수 없는 동작을 일으키는 것을 방지하는 장치에 대한 검사를 시행토록 한 것이다. 따라서 강화된 안전기준에 적합한 설계치를 구하기 위하여 권상기 브레이크 고장이나 시브(Sheave) 또는 메인로프의 마모로 인하여 엘리베이터의 도어가 열린 채로 급상승하거나 과속 시에 메인로프를 잡아줌으로써 승객과 설비를 보호할 수 있는 스프링식 로프 브레이크(Rope Brake by Spring Type)장치 주요부분의 구조해석을 시행하였다.

스프링식 로프 브레이크는 엘리베이터가 층 레벨에

정지해 도어가 열린 상태에서 엘리베이터 로프와 메인 시브의 마찰력 저하 또는 제동 장치의 불량이나 고장 등의 원인으로 서서히 미끄러져 이동되거나 정상속도 보다 빠르게 운행되는 경우, 엘리베이터의 제어장치의 이상으로 승강장의 문이 열린 채 상승 또는 하강하는 경우에 대해 브레이크 슈가 설치된 작동판을 작동시켜 순간적으로 엘리베이터 견인로프를 조이도록 하는 것에 의해 엘리베이터의 미끄러짐이나 과속을 방지할 수 있는 보조 제동장치이다.

스프링식 로프 브레이크의 형태는 여러 가지가 있으며 신제품 개발을 위하여 본 논문에서 고려한 형태는 기존에 개발한 쉐기식 로프 브레이크의 쉐기 방식 슬라이더를 기초로 하여 스프링식으로 형태 및 구조를 변경함으로써 로프식 엘리베이터의 제작, 안전기준에 따른 하중조건에 의하여 기능성과 안전성을 향상시키고, 제작 원가를 절감함으로써 경쟁력을 갖추기 위한 스프링식 로프 브레이크 장

* 주저자, 대전대학교 기계설계공학과(jongsun@daejeon.ac.kr)

주소 : 487-711 경기도 포천시 선단동 산 11-1

† 국민대학교 기계자동차공학부

치를 설계하기 위한 기초 데이터를 구하기 위하여 구조해석을 시행하였다.

2. 스프링식 로프 브레이크의 설계

3차원 설계는 설계에 많이 사용되는 Solid Works를 활용하여 부품별로 작업을 수행하였으며 부품을 조립하여 도면을 완성하였다.

Fig. 1 ~ Fig. 2는 스프링식 로프 브레이크의 조립 시 형상과 분해도를 보여주고 있다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 로프 브레이크의 장치는 전면 커버와 후면 커버에 연결되어 있는 2개의 축과 이에 연결된 슬라이더를 통해 스프링의 힘으로 제동을 가하는 방식으로 슬라이더 상부와 전면 커버에 스프링이 연결되어 있고 슬라이더는 20°의 각도를 이루는 축에 의해 각도를 유지하며 슬라이더 하부는 쉘기 형식으로 작동되어 로프를 구속시켜줌으로 작은 힘으로 큰 제동력을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 라이닝은 와이어를 보호하기 위한 비석면을 사용하므로 마모로 인한 교체를 위하여 볼트체결로 교체가 용이하도록 하였다.

Fig. 3은 라이닝과 메인 로프간의 힘 해석을 위한 개략도로서 하중조건을 나타낸다. 여기서 T_b 는 균형추측의 장력, T_c 는 카측의 장력이다. P_n 은 로프를 잡는 제동 수직력, P_f 는 카 속도를 줄이기 위하여 제동 수직력에 의해 로프에 작용하는 마찰력이다. 이때 시브의 마찰력은 무시하고 완전 미끄럼이 발생한다고 가정하였다.

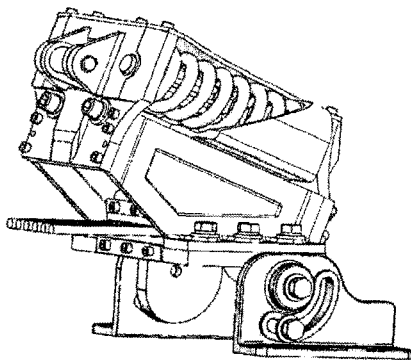


Fig. 1 조립형상

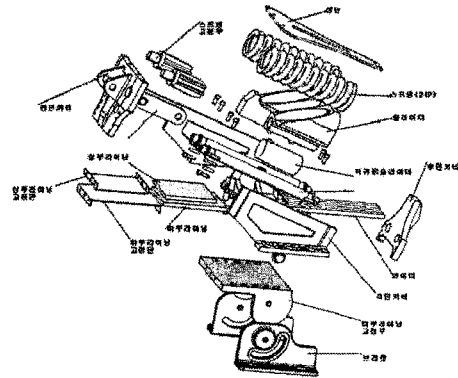


Fig. 2 분해형상

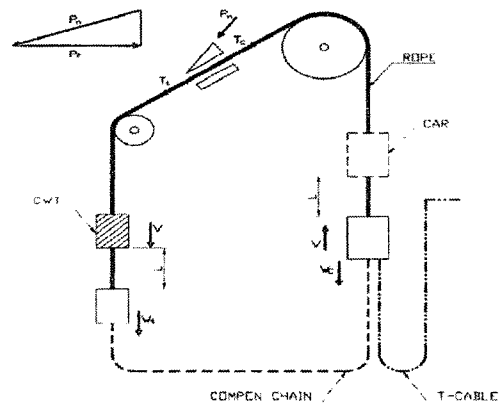


Fig. 3 개략도

3. 구조해석

3.1 재료 물성치와 적용 하중

본 해석에 사용된 조건은 Table 1과 같은 엘라메이터일 경우를 선택하여 해석하였다. 마찰계수 0.28을 고려하여 계동력 즉, 마찰력을 구하는 식 (1)을 이용하여 산정하였다. 또한 계산된 마찰력을 활용하여 구조해석을 수행하였다.

$$P_f = \frac{[(CWT\text{자중} + Car\text{자중} + Rope\text{중량} + Compen\text{Chain}\text{중량} + Tail\text{중량}) \times \{(V / 60)^2 / (2gL / 1000)\}] + (OB \times \text{적재하중})}{(1)}$$

* OB = Over Balance Rate (15인승 이하 0.45, 17인승이상 : 0.5)

$$P_n = P_f / (\cos\theta - \mu \sin\theta) \quad \text{-----} \quad (2)$$

식 (2)는 제동 시 제동력을 얻기 위한 스프링식 로프 브레이크에서 가해지는 힘을 나타내며 식 (2)를 이용하여 슬라이더에 작용하는 스프링의 힘을 알 수 있다.

Table 1 Conditions of elevator

| Conditions | Value |
|------------------|-----------|
| 인승, 적재하중 (kg) | P24, 1600 |
| Car 자중 (kg) | 1900 |
| 승강행정 : TR (m) | 70 |
| Rope (φ) | 12 × 7 |
| Compen Chain (φ) | 9 × 2 |

본 해석에 사용된 스프링식 로프 브레이크의 재질은 GDC 500이며 물성치는 Table 2와 같다.

Table 2 Material property of GCD 500

| Property | Value |
|--|---------|
| Tensile Strength(kgf/mm ²) | 50/55 |
| Brinell Hardness | 170~241 |
| Yield Point(kgf/mm ²) | 35 |
| Elongation(%) | 7 |
| Modulus of Elasticity(Gpa) | 168 |
| Poisson's Ratio | 0.29 |

3.2 전면 커버와 후면 커버의 구조해석

Fig. 2의 전면 커버와 슬라이더에 결합된 스프링을 통해 압력이 전달될 때 슬라이더가 썩기형으로 이동하여 로프를 잡아주게 되는데 이때 후면 커버에 장착되어진 복귀용 실린더의 작용으로 전면 커버와 후면 커버에 20000N의 압력이 작용하게 된다. 볼트 체결부위를 완전 구속하여 주고 전면 커버의 스프링 체결부위와 후면 커버의 복귀용 실린더 장착부분에 압력을 적용시켜 해석하였다.

Fig. 4 ~ Fig. 7에서 전면 커버와 후면 커버에 대한 최대응력, 최대변형률을 보면 전면 커버와 후면 커버에 작용하는 힘은 슬라이더와 복귀 실린더에 대한 반력으로 응력이나 변형률이 작음을 알 수 있었다. 즉, 전면 커버와 후면 커버는 힘을 가장 많이 받는 슬라이더 축 부분을 더욱 견고하게 결속하기 위한 수단임을 알 수 있다.

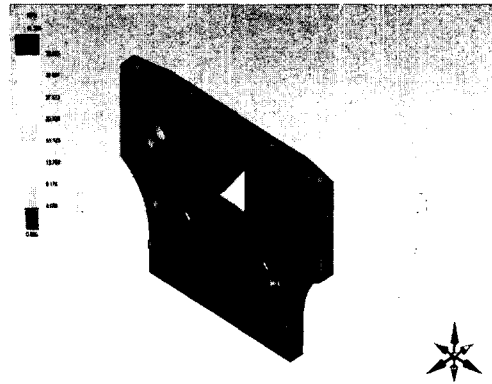


Fig. 4 전면 커버 Stress

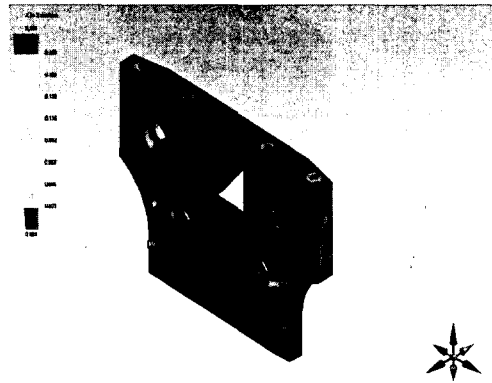


Fig. 5 전면 커버 Stain

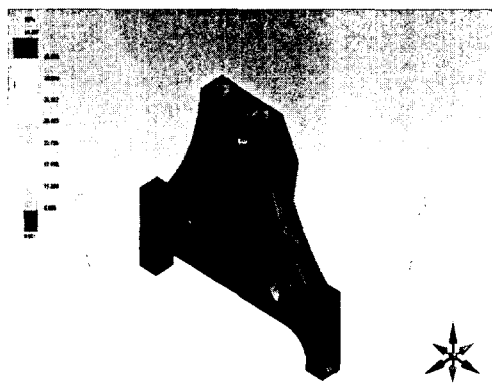


Fig. 6 후면 커버 Stress

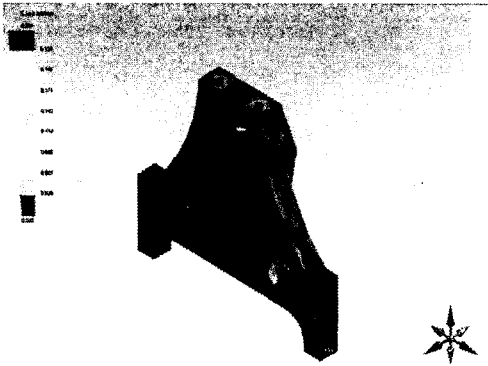


Fig. 7 후면 커버 Strain

3.3 커버결합 상태의 구조해석

Fig. 8 ~ Fig. 9는 상부의 커버가 결합된 상태로 최대응력과 최대변형률을 보여주고 있으며 엘리베이터 조건에 따라 20000N의 힘으로 제동되어 질 경우 스프링이 상부 전체커버와 축에 가하는 힘을 해석하였으며 볼트체결부위에 대한 보강으로 응력이나 변형률이 작음을 알 수 있다.

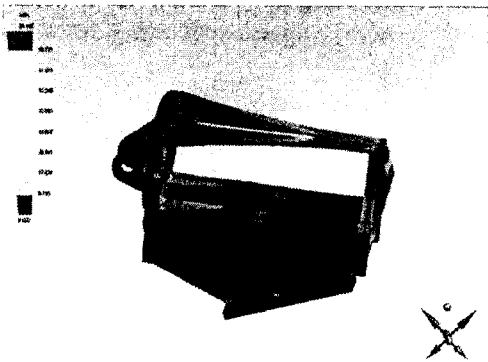


Fig. 8 커버 결합상태 Stress

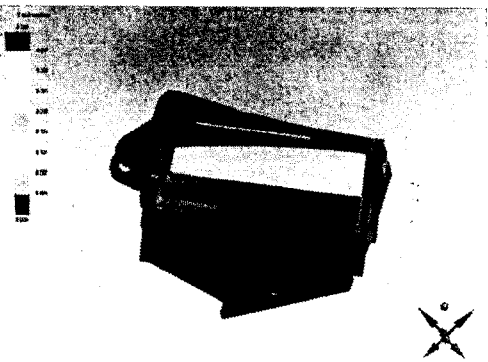


Fig. 9 커버 결합상태 Strain

3.4 커버, 슬라이더, 록킹장치의 구조해석

Fig. 10 ~ Fig. 11에서 스프링으로 인하여 20000N의 힘으로 제동되어질 경우 웨기형 슬라이더가 커버와 축에 가하는 힘은 각 커버의 볼트체결 부분에 집중되어진다. 이런 조건을 토대로 전면 커버와 슬라이더의 스프링 체결 부분에 각각 10000N의 힘을 주고 평상시에는 록킹장치에 의해 슬라이더가 고정되어야 하므로 슬라이더를 록킹장치에 결합한 상태로 해석하였고, 라이닝 홀더와 볼트 체결되는 면을 고정하여 구조해석을 시행하였다.

커버, 슬라이더, 록킹장치 부분에 대한 최대응력과 최대변형률은 록킹장치와 슬라이더의 결합부분에서 발생하였으며 같은 부분에서 변형률이 가장 큼을 알 수 있다. 하지만 이 값은 허용응력의 30% 이내로써 응력과 변형률이 작음을 알 수 있었으며 커버의 결속력에 의해서도 응력과 변형률의 감소가 나타남을 알 수 있다.

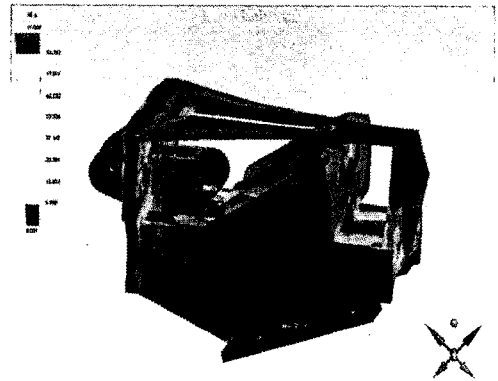


Fig. 10 커버, 슬라이더, 록킹장치의 Stress

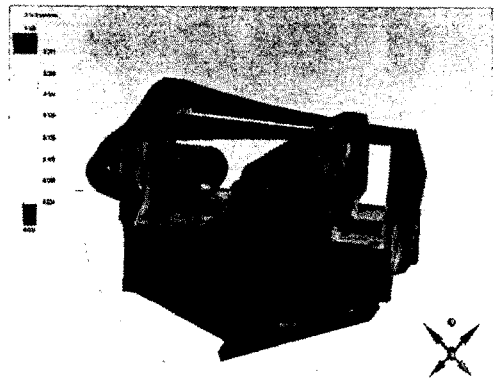


Fig. 11 커버, 슬라이더, 록킹장치의 Strain

3.5 전체 결합상태의 구조해석

Fig. 12 ~ Fig. 13은 스프링을 제외한 전체 부품의 결합상태에서의 구조해석으로 전면커버와 슬라이더의 스프링 체결부분에 각각 10000N의 힘을 주고, 후면 커버의 실린더 체결부분에 20000N의 힘을 주었으며, 6개의 라이닝에 23698.8N의 힘을 주어 해석하였으며 2개의 브래킷 밀면을 고정하였다. 상하부 라이닝과 와이어는 접촉된 상태에 있으며 스프링의 힘으로 제동된 상태를 해석한 결과 허용응력의 30%이내로써 응력과 변형률이 작음을 알 수 있었다.

Table 3 Stress & strain results

| 구 분 | Stress (N/mm ²) | Strain |
|----------|-----------------------------|-------------|
| 전면 커버 | 41.265 | 0.206 × e-3 |
| 후면 커버 | 51.287 | 0.256 × e-3 |
| 커버 결합 | 78.447 | 0.392 × e-3 |
| 상부(압축상태) | 61.080 | 0.305 × e-3 |
| 전체(제동시) | 59.821 | 0.299 × e-3 |

Table 3은 각 부분별 최대응력과 최대변형률을 보여주고 있으며 각 부품별 결과 값 보다 전체의 결과 값이 크게 나타지만 이는 2개의 브래킷에서 나타나는 것으로 각 부품 및 브래킷의 최대응력은 허용응력의 30% 이내로 로프식 엘리베이터의 제작안전기준에 만족하는 안전적인 설계구조임을 알 수 있다.

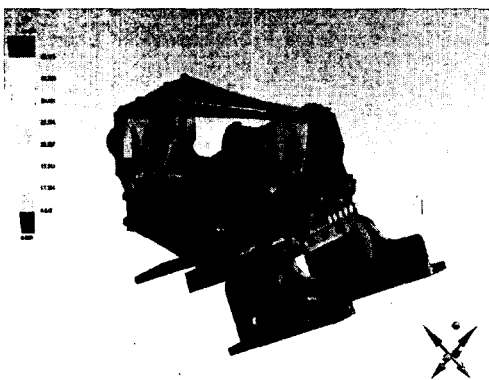


Fig. 12 전체형상 Stress

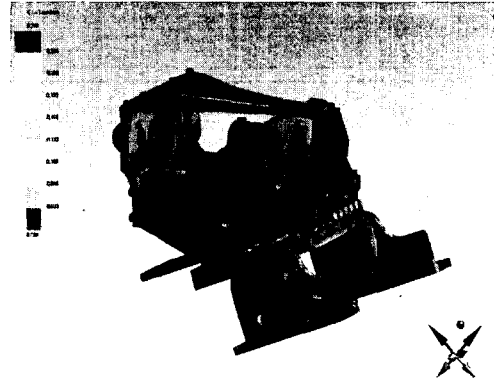


Fig. 13 전체형상 Strain

4. 결 론

스프링식 로프 브레이크를 전체적인 로프 브레이크 형상을 포함하여 파트별로 구조해석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 스프링으로 가해지는 힘을 썬기형 슬라이더를 이용함으로써 제동 수직력을 감소시켜 구조적 안정성을 부여하였으며, 카의 급상승으로 인한 제동시에 썬기형 결속으로 인한 로프의 미끄러짐을 감소시킬 수 있다.
- (2) 커버에 슬라이더와 축을 결합 시켰을 때 응력과 변형률이 감소하였다. 이는 슬라이더가 축에 힘을 분포시켜 안정성을 증가시켰음을 알 수 있다.
- (3) 기존의 유압 제동방식에서 스프링 제동방식으로 개선함으로써 조립 공정을 간략화시키고 제품의 부품원가를 절감하는 효과를 주었다.
- (4) 라이닝에 고정판을 설치하여 전면과 후면에 볼트 체결을 함으로써 교체시 전체 분해가 필요없으므로 보수 및 유지가 편리해졌다.
- (5) 구조해석을 통한 각 부분의 응력은 허용응력의 30% 이내로 스프링식 로프 브레이크는 안정적인 구조임을 알 수 있다.

참고문헌

- (1) Korea Machinery Meter and Petrochemical Testing and Research Institute, 1999, "A Study on the Technical safety Rules of Rope Brake use for Elevator", pp.1~67.
- (2) ANSYS User's Manual Revision 7.0, 2000, Swanson Analysis System, Inc.

- (3) T.R.Chandrupatla and A.D.Belegundu, 1991, "Introduction to Finite Elements in Engineering", Prentice Hall.
- (4) James shakelford and William Alexander, 1994, "Material Science and Engineering Hand Book", CRC Press.
- (5) C.E. Vlahovic, 1989, "Rationale for New Rules in CSA-B44 Safety Code for Elevators", Elevator World.
- (6) J.A. Nederbragt, 1989, "Rope Brake", Elevator World.
- (7) Weaver, Jr. W. and Johnston, R., 1993, Finite Elements for Structural Analysis, Prentice Hall.
- (8) 이종선, 김정훈, 박임준, 2003, "엘리베이터용 로프 브레이크의 구조해석", 한국공학기계학회 2003 추계학술대회논문집, pp. 9~13.
- (9) 이종선, 김정훈, 박임준, 2003, "엘리베이터용 로프 브레이크의 설계 및 제작", 한국산학기술학회 2003 추계학술발표논문집, pp. 143~145.