

엘리베이터용 로프 브레이크의 구조해석

이종선*, 김정훈*, 박임준**

Structural Analysis of Rope Brake for Elevator

Jong-Sun Lee*, Jung-Hoon Kim*, Im-Jun Bag**

Abstract

The objective of this study is structural analysis of rope brake for elevator. The finite element model was developed to compute the stress, strain and friction force for rope brake. 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(로프 브레이크), Structural Analysis(구조해석), Elevator(엘리베이터), Friction Force(마찰력), Internal Pressure(내압), Constraints(구속조건)

1. 서론

최근 엘리베이터 관련 안전사고로 인해 엘리베이터 안전에 대한 여론이 높아지고 있는 실정이다. 이에 따라 안전검사 기준을 강화하는 것을 골자로 하는 엘리베이터 안전검사 기준이 채택되었다. 즉, 엘리베이터가 상승 방향으로 과속하는 것을 방지하고, 엘리베이터가 착상 구간에 정지한 경우 제어회로 또는 브레이크에 이상이 발생하여 승강장 문이 열린 채 제어할 수 없는 동작을 일으키는 것을 방지하는 장치에 대한 검사를 시행토록 한 것이다.

따라서 본 논문에서는 권상기 브레이크 고장이나 시브(Sheave) 또는 메인로프의 마모로 인하여 엘리베이터의 도어가 열린채로 급상승하거나 하강 및 과속시에 메인로프를 잡아줌으로써 승객과 설비를 보호할 수 있는 로프 브레이크(Rope Brake)장치 주요부분의 구조해석을 시행하였다.

로프 브레이크는 엘리베이터가 층 레벨에 정지해 도어가 열린 상태에서 엘리베이터 로프와 메인 시브의 마찰력 저하 또는 제동장치의 불량이나 고장 등의 원인으로 서서히 미끄러져 이동되거나 정상속도보다 빠르게 운행되는 경우 브레이크 슈가 설치된 작동판을 작동시켜 순간적으로 엘리베이터 견인 로프를 조이도록 하는 것에 의해 엘리베이터의 미끄러짐이나 과속을 방지할 수 있는 보조 제동장치이다. 또한, 엘리베이터가 목적층에 정지하면 작동되고 재운행시에는 개방되는 특징이 있어서 수직형 주차설비나 식당에서 쓰이는 수직 운반장치 등에도 장착이 가능하여 안전운행을 통한 사고를 예방할 수 있다.

로프 브레이크의 형태는 여러가지 형태가 있으며 본 논문에서 고려한 형태는 기존에 형태와는 구조상으로 많은 차이점을 두어 로프식 엘리베이터의 제작·안전 기준에 따른 하중조건에 의하여 기능성과 안정성을 더욱 향상시켰으며 로프 브레이크 장치의 안전한 설계를 위하여 구조해석을 시행하였다.

* 주저자, 대전대학교 기계설계공학과 (jongsun@daejin.ac.kr)
주소 : 487-711 경기도 포천군 포천읍 선단리 산 11-1
+ 대전대학교 대학원
++ 세아전기

2. 로프 브레이크의 설계

3차원 설계는 Solid Works로 Part별로 작업을 수행하였으며 Part를 조립하여 도면을 완성하였다.

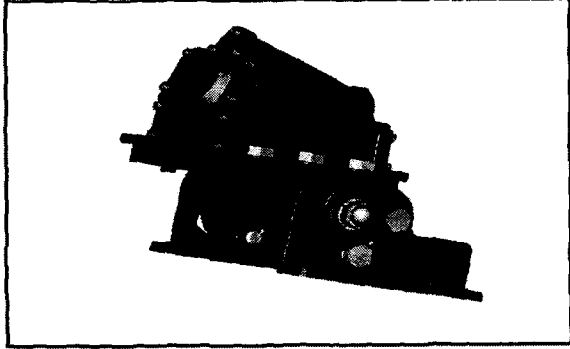


Fig. 1 Geometry of rope brake

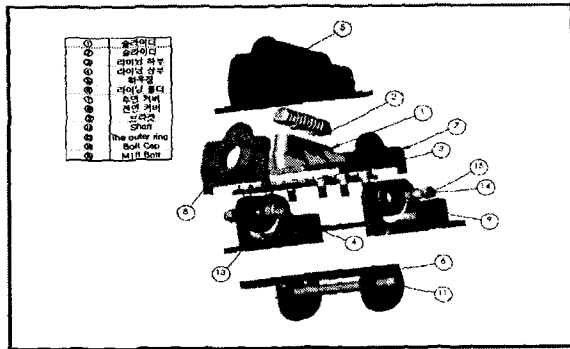


Fig. 2 Part drawing of rope brake

Fig. 1 ~ Fig. 2는 로프 브레이크의 조립시 형상과 분해도를 보여주고 있다.

Fig. 2에서 볼 수 있듯이 로프 브레이크 장치는 전면 커버(8)에 장착되어지는 유압 실린더에 의하여 슬라이더(12)에 유압이 전달되어지는데 슬라이더의 이동 형식이 20°의 각도로 장착되어 있으므로 썩기형식으로 작동되어 로프를 구속시켜줌으로 수직으로 구속하여주는 종전의 장치보다 작은 유압으로 큰 제동력을 얻을수 있는 장점을 가지고 있다. 그리고 로프를 제동시켜주는 라이닝은 노후화되어 마모가 심해지면 교체하기 쉽도록 볼트로 장·탈착이 쉽도록 설계되었다.

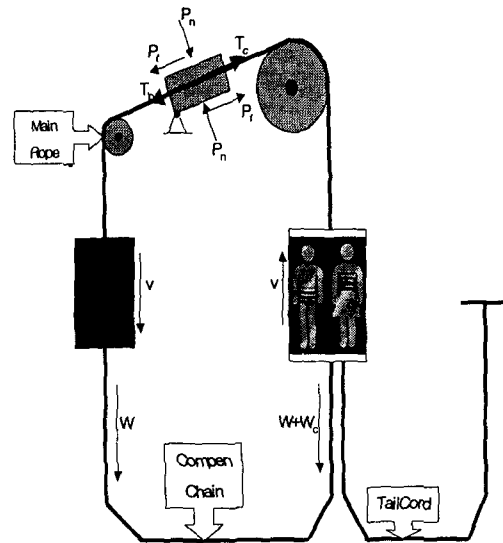


Fig. 3 Flow chart of elevator system

Fig. 3은 라이닝과 메인 로프간의 힘 해석을 위한 개략도로서 하중조건을 나타낸다.

T_b 는 균형추측의 장력, T_c 는 카측의 장력이다. P 는 로프 브레이크가 동작하였을때 로프 브레이크에 작용하는 하중으로 제동력을 나타낸다. P_n 은 로프를 잡는 제동수직력, P_r 는 속도를 줄이기 위하여 제동수직력에 의해 로프에 작용하는 마찰력이다. 이때 시브(Shcave)의 마찰력은 무시하고 완전 미끄럼이 발생한다고 가정하였다.

3. 구조해석

3.1 재료 물성치와 적용 하중

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

$$P_r = \{ (CWT\text{자중} + CAR\text{자중} + ROPE\text{중량} + Compn\ Chain\text{중량} + Tail\text{중량}) \times [(V/60)^2 / (2gL/1000)] \} + (OB \times \text{적제하중}) \quad (1)$$

Condition	Value
인승,적재하중 (kg)	P24, 1600
CAR자중 (kg)	1900
승강행정 : TR (m)	70
ROPE (Φ)	12×7
Compen Chain (Φ)	9×2
유압 (bar)	110

Table 1. Conditions of elevator

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

Table 2. Material property of GCD 500

Property	Value
KS	GCD500
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 전면커버와 후면커버의 구조해석

Fig. 2의 전면커버(8)에 결합된 실린더를 통해 압력이 전달될때 슬라이더(2)가 쉐기형으로 이동하여 로프를 잡아주게 되는데 이때 후면커버(7)에 장착되어진 복귀형 스프링의 작용으로 전면커버와 후면커버에 5bar의 압력이 작용하게 된다. 볼트 체결부위를 완전구속하여 주고 전면커버의 실린더 체결부위와 후면커버의 복귀형 스프링 장착부분에 압력을 적용시켜 해석하였다.

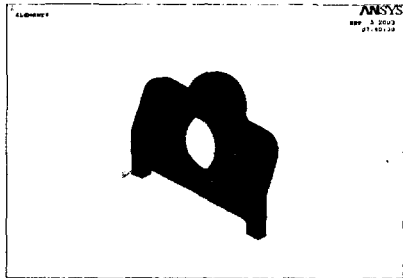


Fig. 4 Finte element model for front cover

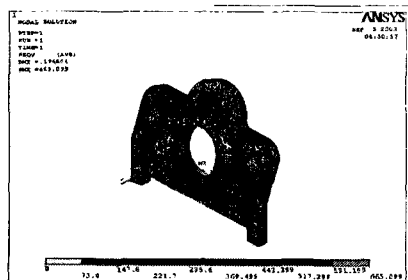


Fig. 5 Stress distribution of front cover

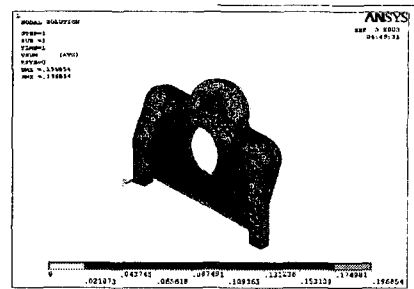


Fig. 6 Strain distribution of front cover

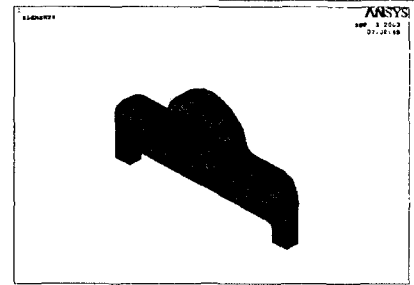


Fig. 7 Finte element model for back cover

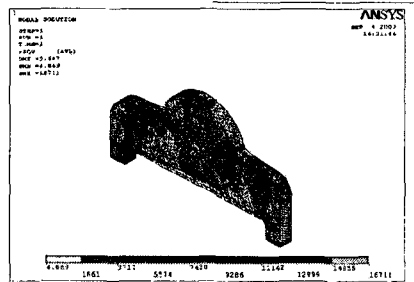


Fig. 8 Stress distribution of back cover

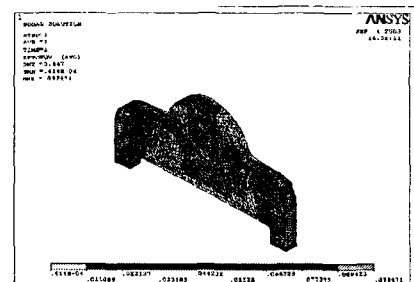


Fig. 9 Strain distribution of back cover

Fig. 4는 전면커버, Fig. 7는 후면커버의 메쉬(mesh)를 설정해준 모습이다. 이때 전면커버의 절점(node)의 수는 22802, 후면 커버의 절점(node)의 수는 8432로 설정하였다.

Table 3에서 전면커버와 후면커버에 대한 최대응력과 최대 변형률을 보면 전면커버와 후면커버에 작용하는 압력은 단순 슬라이더 복귀 스프링에 대한 반력으로

응력이나 변형률이 작음을 알 수 있었다. 즉, 전면커버와 후면커버는 압력을 가장 많이 받는 하우징 부분을 더욱 견고하게 결속하기 위한 수단임을 알 수 있다.

3.3 하우징의 구조해석

엘리베이터 조건에 따라 110bar의 압력으로 작동될 경우 슬라이더가 하우징에 가하는 압력은 $110\text{bar} \times \text{COS}20^\circ$ 의 값으로 하우징의 윗쪽 등근홈 내부부분에 집중되어지는 조건을 토대로 하우징의 윗쪽 홈부분에 37.6bar의 압력을 적용시켰고 하우징과 라이닝 홀더를 고정시켜주는 볼트 구멍을 구속하여 구조해석을 시행하였다.

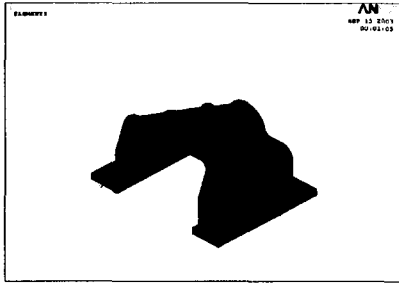


Fig. 10 Finte element model for housing

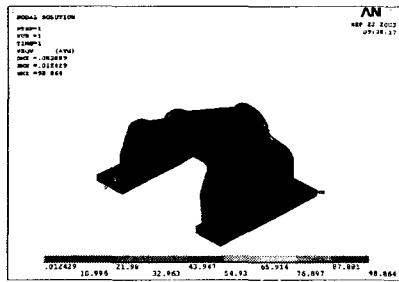


Fig. 11 Stress distribution of housing

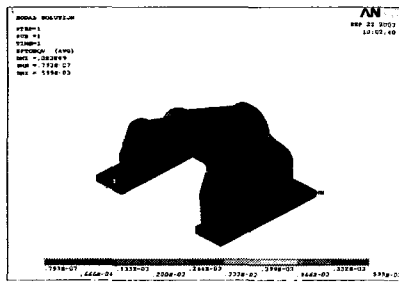


Fig. 12 Strain distribution of housing

Fig. 10은 하우징의 메쉬(mesh)를 설정해준 모습으로 절점(node)의 개수는 99873로 설정하였다.

Table 3에서 하우징 부분만의 최대 응력과 최대변형률을 구한 값을 보면 커버 부분에서 구한 값보다 훨씬

큼을 알 수 있다.

Table 3. Stress & strain results

	Stress(max) (N/mm ²)	Strain(max)
Front cover	38.7	2.12×e-4
Back cover	22.4	1.05×e-4
Housing	98.8	5.99×e-4
Housing & cover	75.2	4.49×e-4
Housing, cover & lining holder	146.8	8.79×e-4

3.4 하우징과 커버의 구조해석

본 장치에 따르면 쉐기형 슬라이더로 인하여 110bar의 압력으로 작동될 경우 슬라이더가 하우징에 가하는 압력은 하우징의 위쪽 등근홈 내부부분에 집중되어진다. 이런 조건을 토대로 하우징위 홈부분에 37.6bar의 압력을 적용시켰고 하우징과 라이닝 홀더를 고정시켜주는 볼트 구멍을 고정하여 구조해석을 시행하였다. 커버를 결합시켜 구조해석을 시행하여 하우징에 미치는 영향을 고려하였다.

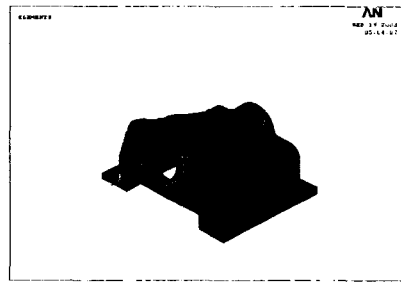


Fig. 13 Finte element model for housing & cover

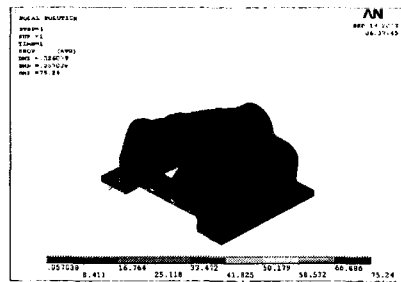


Fig. 14 Stress distribution of housing & cover

Fig. 13은 하우징과 커버를 결합시켜 메쉬(mesh)를 설정해준 모습으로 절점(node)의 개수는 122802로 설정하였다.

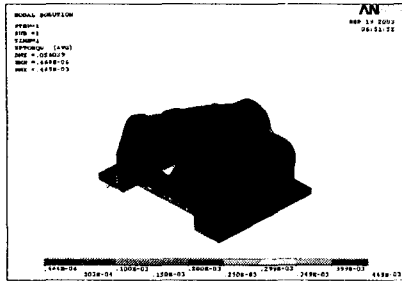


Fig. 15 Strain distribution of housing & cover

Table 3에서 하우징과 커버부분에 대한 최대 응력과 최대변형률은 하우징의 윗부분 홈에서 발생하였으며 같은 부분에서 변형량이 가장큰을 알 수 있다. 하지만 썬기형 작동으로 인해 유압 실린더에 의해 가해지는 압력을 모두 받지 않음으로 응력과 변형률이 작음을 알 수 있었으며 커버의 결속력에 의해서도 하우징의 결과와 비교해 볼 때 응력과 변형률의 감소가 나타남을 알 수 있다.

3.5 하우징, 커버, 라이닝 홀더를 결합한 구조해석

하우징과 커버 결합에서와 같이 하우징 윗쪽 홈부분에 37.6bar의 압력을 적용시켰고 라이닝 홀더의 라이닝 결합부에 마찰력 1689kgf를 적용시켰으며 구속 조건은 라이닝 홀더와 브라켓 볼트 체결 부분인 4개의 홈에 완전구속을 시켜서 구조해석을 시행하였다.

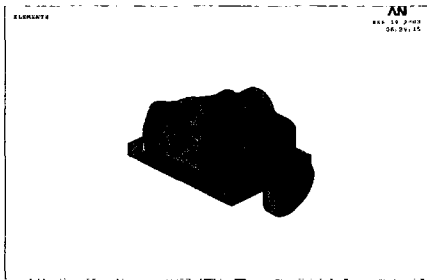


Fig. 16 Finite element model for housing, cover & lining holder

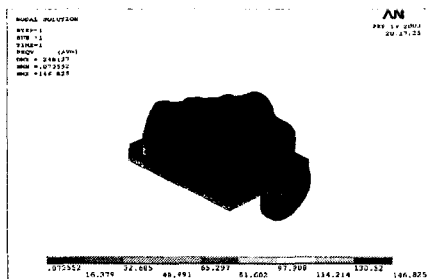


Fig. 17 Stress distribution of housing, cover & lining holder

Fig. 16은 하우징과 커버, 라이닝 홀더를 결합시켜 메쉬(mesh)를 설정해준 모습으로 절점(node)의 개수는

192482로 정하였다.

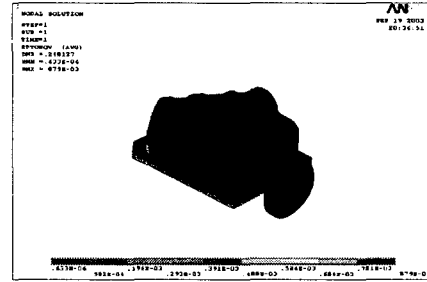


Fig. 18 Strain distribution of housing, cover & lining holder

Table 3에서 하우징, 커버, 라이닝 홀더를 결합한 부분의 최대응력과 최대 변형률은 최대응력이 하우징과 마찬가지로 하우징의 윗부분 홈에서 발생하였으며 최대 변형률도 커지는 형태를 나타내었다. 하우징에서 보다 최대 응력과 변형률이 크게 구해진 것은 마찰력을 함께 적용시켜 하우징에 더 많은 하중이 전달되었기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 엘리베이터용 로프 브레이크를 전체적인 로프 브레이크 형상을 포함하여 파트별로 구조해석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 실린더에 가해지는 압력을 썬기형 슬라이더를 이용함으로써 감소시켜 구조적 안정성을 부여하였으며, 카의 급상승으로 인한 제동시에 썬기형 결속으로 인한 로프의 미끄러짐을 감소시킬 수 있다.
- (2) 하우징에 커버를 결합시켰을때 응력과 변형률이 감소하였다. 이는 커버 결합시 하우징에 대한 안정성을 증가시킴을 알 수 있다.
- (3) 로프브레이크의 형상에 있어 로프식 엘리베이터의 제작·안전 기준에 만족하지만 하우징 윗부분에 가장 큰 응력과 변형률이 나타남을 알 수 있었다. 이 결과는 하우징 윗부분에 보강형상을 추가로 설계하여 최적형상을 결정해야 함을 알 수 있다.

참고 문헌

- (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.