

로프 브레이크의 최적형상에 관한 연구

이종선*, 김정훈*

대전대학교 기계설계공학과*

A Study on the Optimum Shape of Rope Brake Device

Jong-Sun Lee*, Jung-Hoon Kim*

Daejin University*

요 약

본 논문은 엘리베이터의 미끄럼이나 과속을 방지할 수 있는 보조 제동장치인 로프 브레이크에 관한 것으로 제동시 반력의 최대 영역 즉, 취약 부분(weak point)으로 예상 되어지는 하우징 영역의 보강 형상을 위치와 높이를 변화시면서 구조해석을 수행하여 최대응력과 최대변형률을 비교 분석하여 하우징의 안전성을 검토한후, 최적형상의 하우징을 적용시킨 로프 브레이크의 설치 각도에 따른 구조해석을 수행하여 구조적 타당성을 검토하고자 한다.

1. 서 론

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

로프 브레이크의 형태는 여러 가지 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 기본 설계한 하우징 영역에 대하여 하중이 집중될 것으로 예상되는 상부 영역에 보강 형상을 추가하여 높이와 위치 변화에 따른 구조해석을 수행한다.

하우징의 최적형상을 기초로 하여 로프 브레이크

전체 형상을 설계하고, 최적 설계된 하우징이 결합된 로프 브레이크 형상에 대하여 같은 구속조건과 하중조건을 부여하여 설치 각도에 따른 구조해석을 실시 한 후 로프 브레이크 전체 형상에 대한 최대응력과 최대변형률 등을 비교하여 구조적 타당성을 검토한다.

2. 로프 브레이크의 기본설계

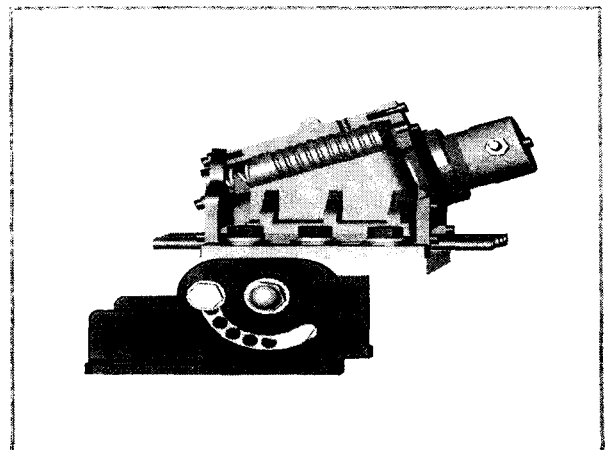


Fig. 1 Redesign model of rope brake

Fig. 1은 로프 브레이크의 안전성을 고려하여 하우스 상부 부분에 보강 형상을 추가 설계한 로프 브레이크의 형상을 나타낸다.

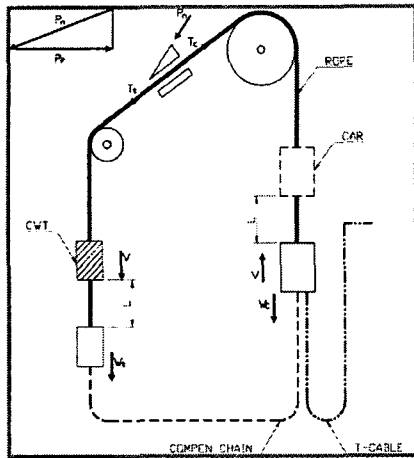


Fig. 2 Flow chart of elevator system

Fig. 2는 라이닝과 메인 로프간의 해석을 위한 개략도로서 하중조건을 나타낸다.

T_l 는 균형추측의 장력, T_c 는 카측의 장력이다. P_n 은 로프를 제동시키기 위한 제동력, P_f 는 엘리베이터 속도를 줄이기 위하여 로프에 작용하는 마찰력이다.

3. 구조해석

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

Table 1 Conditions of elevator

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

$P_f =$

$\{(CWT자중+CAR자중+ROPE중량+Compen Chain중량+Tail중량)$

$\times[(V/60)^2/(2gL/1000)]\} + (OB \times 적재하중) - (1)$

본 해석에 사용된 로프 브레이크의 재질은 GCD 500(구상흑연주철)이며 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

3.1 하우스 영역의 구조해석

Fig. 3에서와 같이 371,090개의 절점과 248,968개의 요소로 나누어 유한요소 모델을 생성한다.

Fig. 4와 Fig. 5는 초기 하우스의 구조해석을 통해 얻어진 응력과 변형률분포를 나타낸다.

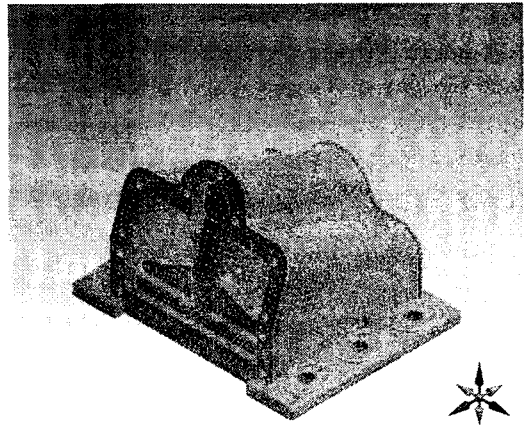


Fig. 3 Finite element model for housing

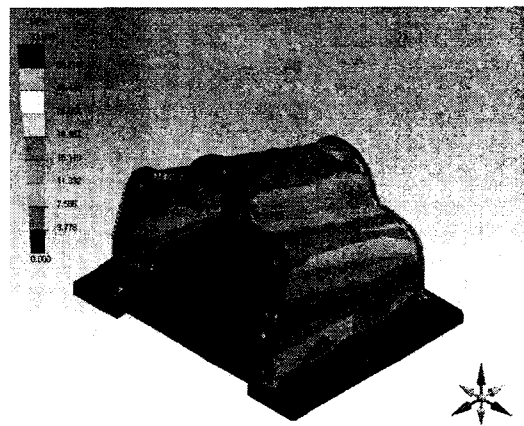


Fig. 4 Stress distribution of basic housing

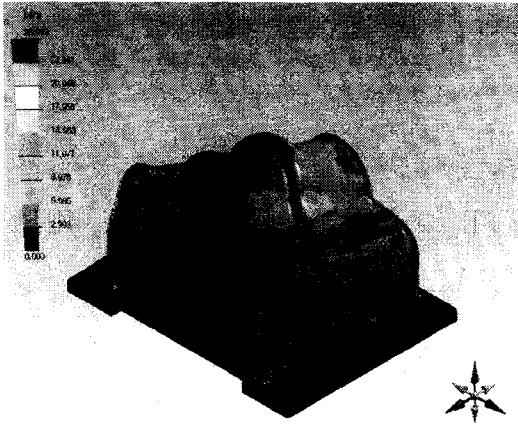


Fig. 5 Stress distribution of the 12.5mm height of reinforcement shape adapted to front 5mm

보강형상의 높이와 위치변화에 있어 최대응력이 나타나는 부분은 기본 모델과 유사한 위치를 나타내며 최대응력 발생 위치는 하우징의 전면부의 전면커버 결합부에서 발생하였으며 이부분은 밖으로 2mm 돌출되는 얇은 모서리부분을 형성하기 때문이다. 승강기 제작기준·안전기준에 따른 허용응력을 기준으로 하여 허용응력에 만족하는 보강형상의 높이 12.5mm, 위치는 하우징의 중간평면을 기준으로 5mm 앞에 위치시킨다.

3.2 로프 브레이크 영역의 구조해석

브래킷 바닥면에 구속조건을 부여하였고 로프 브레이크가 작동되어 라이닝이 로프를 제동시킴으로서 로프가 본 장치를 당기는 힘인 1426kgf를 7개의 로프에 적용하였고 설치 각도에 따라 0°~90°의 각도 변화를 적용하였다. Fig. 6~Fig. 7은 위 조건을 부여한 설치각 0°의 구조해석을 수행하여 얻은 최대응력과 최대변형률을 나타낸다.

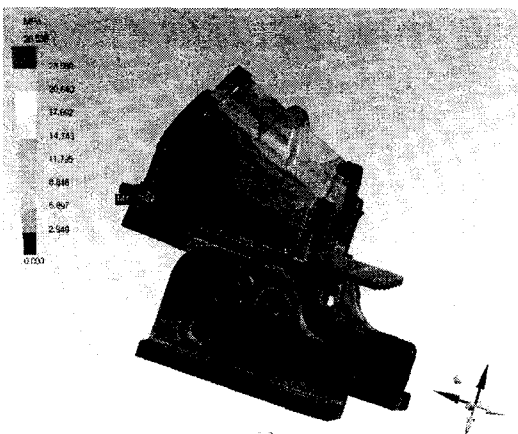


Fig. 6 Distribution of stress for rope brake of 0°

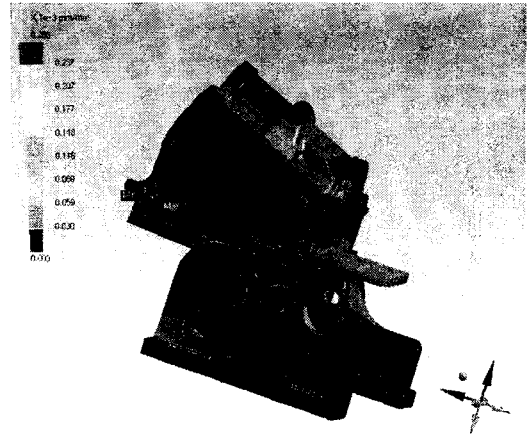


Fig. 7 Distribution of strain for rope brake of 0°

Table 3 Stress and strain results

보강높이	보강위치	stress (N/mm ²)	strain
basic		33.996	1.70×1e-4
5mm	center	31.069	1.55×1e-4
	back 5mm	31.134	1.56×1e-4
	front 5mm	31.228	1.56×1e-4
	back 10mm	31.391	1.57×1e-4
	front 10mm	30.873	1.54×1e-4
7.5mm	center	29.575	1.48×1e-4
	back 5mm	30.002	1.50×1e-4
	front 5mm	29.403	1.47×1e-4
	back 10mm	30.232	1.51×1e-4
	front 10mm	29.087	1.45×1e-4
10mm	center	28.408	1.42×1e-4
	back 5mm	28.765	1.44×1e-4
	front 5mm	28.570	1.45×1e-4
	back 10mm	28.909	1.43×1e-4
	front 10mm	28.082	1.40×1e-4
12.5mm	center	27.147	1.36×1e-4
	back 5mm	27.466	1.37×1e-4
	front 5mm	26.933	1.35×1e-4
	back 10mm	27.801	1.39×1e-4
	front 10mm	26.179	1.31×1e-4
15mm	center	26.010	1.30×1e-4
	back 5mm	26.551	1.33×1e-4
	front 5mm	25.553	1.28×1e-4
	back 10mm	27.090	1.35×1e-4
	front 10mm	25.063	1.25×1e-4

Table 4 Stress, strain and shear stress results

angle (°)	stress (N/mm ²)	strain	shear stress (N/mm ²)
0	26.538	2.66×1e-4	13.813
15	27.522	2.58×1e-4	14.810
30	27.480	2.59×1e-4	14.781
45	27.126	2.59×1e-4	14.595
60	26.637	2.59×1e-4	14.343
75	26.295	2.58×1e-4	14.168
90	26.131	2.58×1e-4	14.084

하우징 영역에 대한 보강형상의 위치와 높이에 따른 구조해석 결과를 Table 3, 로프 브레이크 영역에 대한 구조해석 결과를 Table 4에 나타내었다.

로프 브레이크 영역에서의 응력의 분포는 제동시 슬라이더의 이동으로 인한 반력의 영향으로 주로 하우징 부분에 나타나며, 제동시 로프가 로프 브레이크 장치를 당기는 힘에 의해 브라켓과 라이닝 고정홀더 결합부분에도 응력이 집중됨을 알 수 있다. 응력의 분포는 설치 각도에 따라 약간의 차이를 보이고 있으며, 최대응력은 back cover의 볼트 연결부에서 나타났다. 이는 볼트 연결부의 안쪽살의 두께가 얇기 때문인 것으로 보이며 이 부분에 설치 각도 15°, 30°, 45°에서 허용안전율이 7.33이 나타났다. 이는 허용안전율 7.5에 약간 못미치는 수치지만 볼트 체결시 긴밀한 결속으로 안전율은 높아질 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 제동시 반력의 집중이 고려되는 부분인 하우징 영역의 기본 형상을 설계하여 하우징 상부에 보강 형상의 높이와 위치를 변화시켜가며 ANSYS로 구조해석을 실시하여 최적형상을 선택하였다.

하우징의 최적형상을 기초로 로프 브레이크 전체 형상을 설계하고, 그 최적형상에 대하여 구조해석을 실시 한 후 응력과 변형률, 전단응력 등을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 하우징의 구조해석에 대해 보강형상의 높이를 5~15mm, 위치를 5~10mm로 변화시키며 구조해석을 수행하여 각 형상에 대한 응력과 변형률 분포를 얻을 수 있었으며, 승강기 제작·안전기준을 만족하는 최적형상을 결정하였다.
- (2) 하우징에 대하여 구조 해석을 수행한 결과, 보강형상의 높이 5~10mm의 변화에 있어 위치변화에 따른 최대 응력과 최대 변형률의 큰변화가 없음을

알 수 있었고, 응력의 분포와 변형률의 분포는 예상 지역에서 집중되는 것을 확인하였다.

(3) 구조해석을 통하여 응력의 분포는 구조적으로 하중집중이 적용되는 부분에 집중되는 현상을 나타내었으며, 최대응력의 발생 부분은 하우징과 결합되어지는 back cover이며 이는 볼트홀의 지지부가 얇기 때문이다.

(4) 로프 브레이크의 구조적 형상에 있어 장착각도 15°, 30°, 45°에서 허용안전율이 7.33~7.44로 약간 벗어남을 나타내지만 이는 볼트 체결시 각 부품들의 긴밀한 결속을 유도함으로써 구조적으로 안정적임을 확인 할 수 있었으며, 허용전단응력에 있어서는 안정적임을 알 수 있었다.

5. 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.