

## 엘리베이터용 로프 브레이크의 설계 및 제작

이종선\* · 김정훈\*\*

### Design and Manufacture of Rope Brake for Elevator

Jong-sun Lee\* and Jung-hoon Kim\*\*

**요 약** 본 논문은 로프 파단으로 인한 추락, Sheave 마모로 인한 마찰력 저하, 엘리베이터의 과속 상승, 엘리베이터 도어 Zone의 이탈 및 정전시 로프 브레이크가 동작하여 승객보호 목적을 배가하는 안전장치에 관한 것으로 기존의 제품과 다른 방식을 도입하여 승객과 설비를 보호할 수 있는 설계방법을 제시하고 제작을 통해 최적형상에 접근하였다.

**Abstract** This paper is purpose to the design and manufacture of rope brake for elevator. In generally, rope brake systems are second safety device for elevator. Therefore rope brake systems are very important device and very difficult device of design and manufacture. Also, this paper is object to reduced process order and process error.

**Key Words** : Rope brake, Elevator, Friction, Main sheave, Brake shoe, Lining

#### 1. 서 론

최근 엘리베이터 관련 안전사고의 증가로 인해 엘리베이터 안전에 대한 검사기준이 높아지고 있는 실정이다. 이에 따라 엘리베이터 안전검사기준을 강화하는 것을 골자로 하는 엘리베이터 안전검사기준 즉, 엘리베이터가 상승방향으로 과속하는 것을 방지하고, 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 브레이크는 엘리베이터가 층 레벨에 정지해 도어가 열린 상태에서 엘리베이터 로프와 메인 시브의 마찰력 저하 또는 제동장치의 불량이나 고장 등의 원인으로 서서히 미끄러져 이동되거나 정상속도 보다 빠르게 운행되는 경우 브레이크 슈가 설치된 작동판을 작동시켜 순간적으로 엘리베이터 견인 로프를 조이도록 하는 것에 의해 엘리베이터의 미끄러짐이나 과속을 방지할 수 있는 보조 제동장치이다.

본 논문에서는 권상기 브레이크 이상이나 시브 또는 메인로프의 마모로 인하여 엘리베이터의 도어가 열린채로 급상승하거나 하강 및 과속시에 메인로프를 잡아줌으로써 승객과 설비를 보호할 수 있는 로프 브레이크에

대한 안전성을 향상시키기 위하여 설계 및 제작하는 로프 브레이크 장치는 기존의 제동장치와 같이 작동시 유압실린더에 의해 가해지는 압력이 메인로프에 수직으로 직접 전달되는 것이 아닌 20도의 각도를 유지하여 제동을 위한 힘이 전달되는 시스템으로서 로프 브레이크는 엘리베이터와는 별개로 동작하는 보조용 안전장치이다.

또한, 로프 브레이크는 엘리베이터가 목적층에 정지하면 작동되고 재운행시에는 개방되는 특징이 있어서 수직형 주차설비나 수직 운반장치 등에도 장착이 가능하여 안전운행을 통한 사고를 예방할 수 있다.

로프 브레이크의 형태는 여러가지 형태가 있으며 본 논문에서 고려한 형태는 기존의 형태와는 구조상으로 많은 차이점을 두어 기능성과 안정성을 더욱 향상시킨 설계를 하였다.

#### 2. 안전장치 개략도

엘리베이터 운행 시 그림 1~그림 3은 가속조건이 발

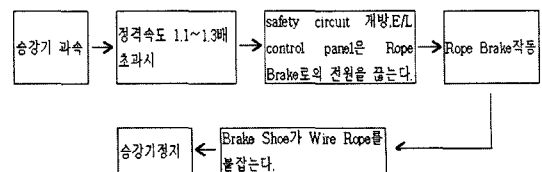


그림 1. 상승방향으로 엘리베이터 과속

\*대전대학교 기계설계공학과

\*\*대전대학교 대학원 기계설계공학과

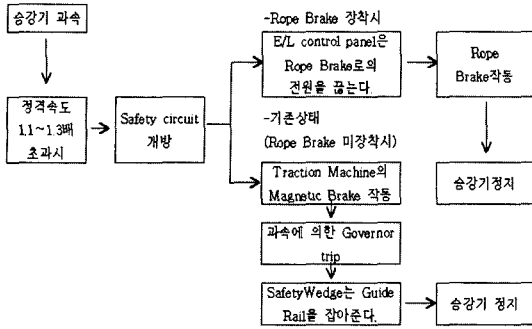


그림 2. 하강방향으로 엘리베이터 과속

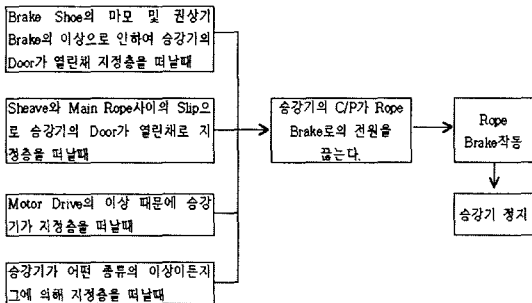


그림 3. 문이 열린 채 엘리베이터 상승 및 하강

생활 때 로프 브레이크가 작동하여 엘리베이터를 정지시키는 개략도이다.

### 3. 설 계

#### 3.1 설계를 위한 마찰력 계산

그림 4는 엘리베이터의 개략도를 통한 하중조건을 나타낸다.

$T_b$ 는 균형추측의 장력이며,  $T_c$ 는 카측의 장력이다.  $P_n$ 은 로프를 잡는 제동수직력,  $P_r$ 는 카 속도를 줄이기 위하여 제동수직력에 의해 로프에 작용하는 마찰력이다. 이때 시브의 마찰력은 무시하고 완전 미끄럼이 발생한다고 가정하였다.

그림 4와 같은 조건에서의 정지시 마찰력의 벡터식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= P_f - P_n \cos\theta = 0 \\ \sum F_y &= \mu P_n \sin\theta = 0 \\ \sum F &= \sum F_x + \sum F_y = 0 \\ &= P_f - P_n \cos\theta + \mu P_n \sin\theta = 0 \end{aligned}$$

그러므로

$$P_n = P_f / (\cos\theta + \mu \sin\theta) \quad (1)$$

또한

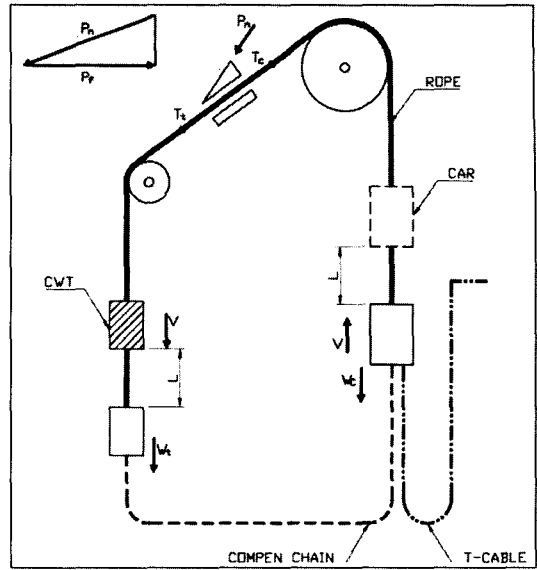


그림 4. 엘리베이터 설치 개요도

$$P = (P_n) / (\pi D^2 / 4) \quad (2)$$

여기서 P는 제동압력, D는 실린더의 직경을 나타낸다. 식 (1)과 식 (2)를 조합하면 다음과 같은 마찰계수식을 유추할 수 있다.

$$\mu = [\cos\theta (4 \times P_f) / P_n D^2] / \sin\theta \quad (3)$$

#### 3.2 브레이크 장치의 설계

2차원 설계는 범용 CAD 소프트웨어인 Auto CAD를 사용하였으며 Solid Works를 이용해 부품별로 3차원 설계작업을 수행하여 로프 브레이크의 조립도면을 완성하였다.

그림 5~그림 6은 로프 브레이크의 조립도와 분해도를 보여주고 있다. 그림 7은 로프 브레이크의 부품도로서 그림 6의 형상을 나타낸 것이다.

그림 5에서 볼 수 있듯이 로프 브레이크 장치는 전면 커버에 장착되어지는 유압 실린더에 의하여 슬라이더에 유압이 전달되는데 슬라이더의 이동 형식이 20도의 각도로 장착되어져 췌기형식으로 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 설계되었다.

#### 3.3 라이닝 설계

라이닝 크기는 마찰력에 의해 발생하는 마찰열의 방

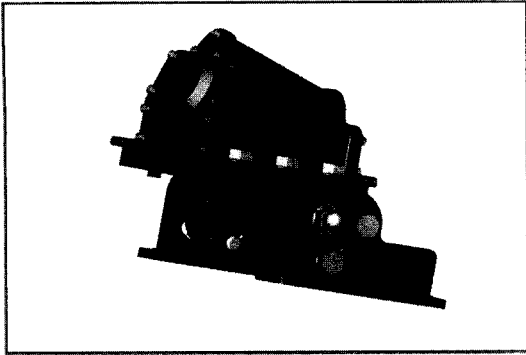


그림 5. 로프 브레이크 조립도

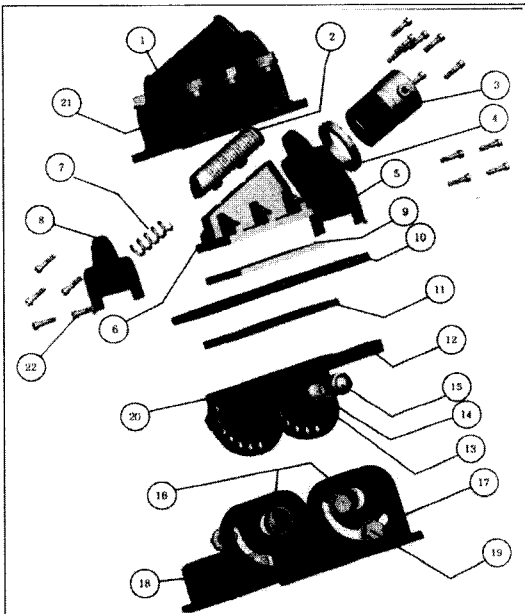


그림 6. 로프 브레이크 분해도

사양에 의해 결정되어야 한다. 마찰력에 의해 발생하는 열이 마찰력에 의한 마찰일량이라고 볼 수 있으며 이를 시간으로 나누면 단위시간당 발생하는 마찰열이라고 볼 수 있다. 즉, 로프 브레이크의 Stopper Block에 작용하는 마찰력이 열로서 소모되는 것이다.

제동마찰력에 의해 발생하는 단위시간당 열량(H)은

$$H = Pf \times v$$

여기서 Pf는 마찰력, v는 정지속도이다.

이때, 정지속도는 일정하게 감속된다는 가정에서 정격속도 1.3 배의 1/2로 가정할 수 있다.

$$h = H/A = Pfv/A \text{ (kg/mm}^2 \text{ m/s)}$$

여기서 h를 브레이크 용량(Brake Capacity)이라고 하며 브레이크 용량은 어느 한도 이하로 제한할 필요가

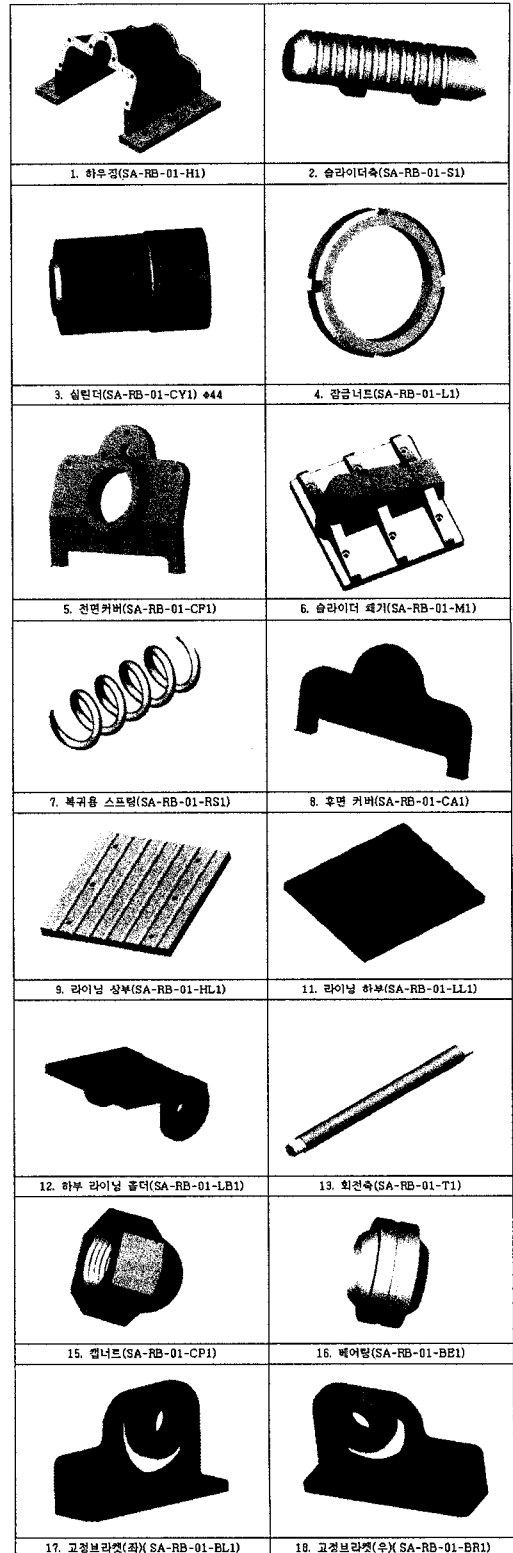


그림 7. 부품도

Table 1. 마찰력에 의한 발열 기준

구분	기준	비고
사용정도가 심할때	$h < 0.06 \text{ kg/mm}^2 \text{ m/s}$	
사용정도가 적을때	$h < 0.1 \text{ kg/mm}^2 \text{ m/s}$	
사용정도가 적고 냉각상태가 좋을때	$h < 0.3 \text{ kg/mm}^2 \text{ m/s}$	적용기준

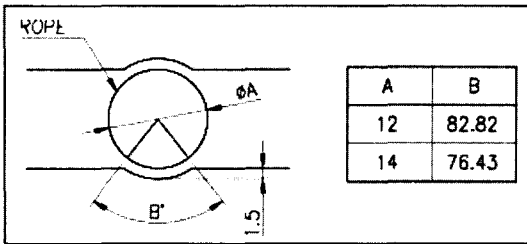


그림 8. U홈과 로프의 접촉 단면도

있다. 보통 라이닝의 마찰력에 의한 발열 기준은 다음과 같다.

라이닝 길이가 150 mm이고 접촉 단면적이 U홈의 모양일 때 Stopper 위, 아래판의 접촉 단면적은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 At &= \text{로프본수} \times \text{접촉면적/로프수} \\
 &= \text{로프본수} \times (2 \times 12\pi \times 82.82^\circ \times 150/360^\circ) \\
 &= \text{로프본수} \times 2601 \text{ mm}^2 \text{ (로프 } \phi 12) \\
 &= \text{로프본수} \times 2801 \text{ mm}^2 \text{ (로프 } \phi 14)
 \end{aligned}$$

접촉 단면도와 마찰력을 고려한 계산 결과 그림 8과 같이 라이닝 홈은 U홈, 깊이는 1.5 mm로 설계해도 무방함을 알 수 있다. 그림 9는 상·하부의 라이닝 모델을 나타낸다.

그림 10은 구조해석 결과를 토대로 과도한 하중이 가

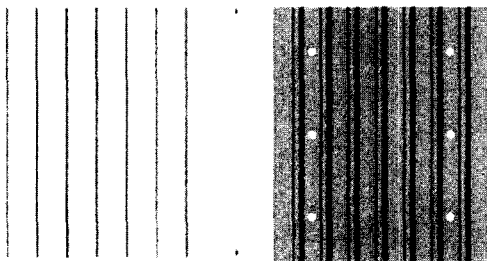


그림 9. 상·하부 라이닝 모델

해지는 부분에 보강형상을 추가로 설계한 모습을 나타내며 그림 10의 변화된 형상을 적용하여 그림 11과 같이 최종형상을 설계하여 로프 브레이크를 제작하였다.

그림 12와 같이 로프 브레이크는 권상기의 시브 사이에 설치하여 움직이는 권상로프를 잡아 엘리베이터를

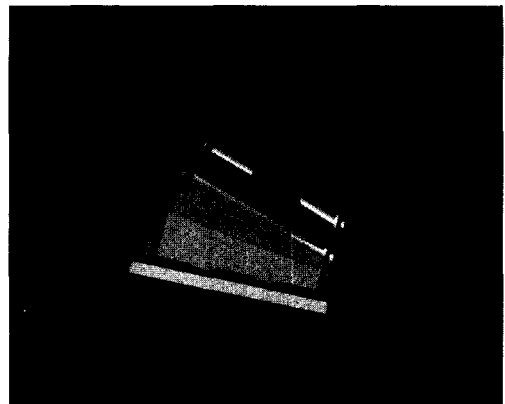


그림 10. 하우징의 형상 변화

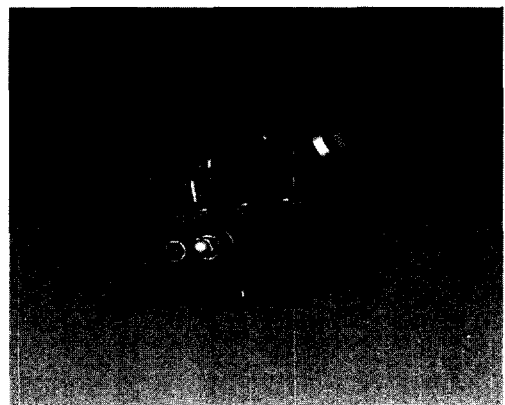


그림 11. 로프 브레이크 최종형상

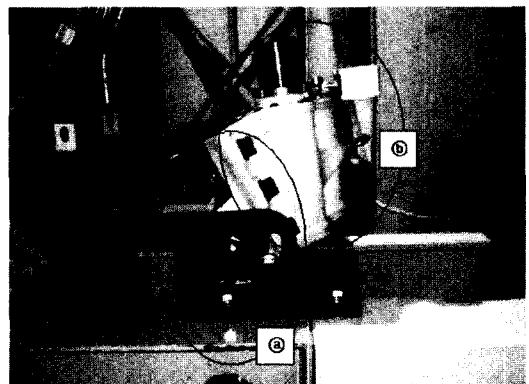


그림 12. 설치 모습

정지시키는 구조로 설치된다. 즉, 로프 브레이크의 지지 몸체는 권상기대에 설치되고 권상로프는 상·하부의 라이닝 사이에 설치된다.

그림 12에서 ㉔부분은 엘리베이터 구조물의 고정부와 로프 브레이크 브라켓의 결합모습, ㉕부분은 유압 실린더와 하우징의 결합을 나타낸다. 그리고 로프 브레이크가 메인로프 즉, 권상로프 각도에 맞추어 장착되어 지는 모습을 나타낸다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 로프 브레이크의 구조해석 결과를 활용하여 로프 브레이크를 설계한후 이를 근거로 로프 브레이크를 제작하였다. 로프 브레이크의 설계 및 제작을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 기존의 로프 브레이크 장치는 메인 로프에서 라이닝간에 제동을 가해줄 때 라이닝의 마모가 빨리 일어나지만, 각도 구배를 주어서 제동을 하면 라이닝의 마모 손실을 크게 줄일 수 있다.

(2) 개발된 로프 브레이크 장치는 수명이 연장되었으며 라이닝의 마모시 장·탈착이 용이하도록 편리성을 제공하였다.

(3) 개발된 로프 브레이크의 마찰 제동력은 최대 1790 kgf 로 제동력이 30% 이상 향상되었다.

(4) 쉘기형 제동으로 인한 맞물림으로 제동시 로프의 미끄러짐을 방지할 수 있으므로 엘리베이터의 안전운행을 극대화 할 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.