

## 양방향 로프 브레이크의 설계 및 해석

이종선<sup>1\*</sup>

### Design and Analysis of Dual Rope Brake by Spring Type

Jong-Sun Lee<sup>1\*</sup>

**요 약** 본 논문은 엘리베이터의 승객보호를 위한 안전장치에 관한 것으로 3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용한 구조해석 결과를 설계의 기초 데이터로 사용하였으며, 기존의 제품과 다른 방식을 도입하여 승객과 설비를 보호할 수 있는 설계방법을 제시하고 제작을 통해 안전성을 향상 시켰다.

**Abstract** The objective of this study is to design and analyze a dual spring type rope brake. In general, a dual rope brake system are a device for an elevator in safety. Therefore, they are very important and difficult in designing. The finite element model was developed to compute stress, strain and friction force for a dual spring type rope brake. ANSYS code was applied for this investigation.

**Key Words** : Structural analysis, Dual rope brake, Elevator, Friction force

#### 1. 서론

최근 엘리베이터 관련 안전사고로 인해 엘리베이터 안전에 대한 여론이 높아지고 있는 실정이다. 이에 따라 기준을 강화하는 것을 목적으로 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 하였다.

이에 따라 로프 브레이크는 엘리베이터가 층 레벨에 정지해 도어가 열린 상태에서 로프와 메인 시브의 과찰력 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 브레이크 슈가 설치된 작동판을 작동시켜 순간적으로 엘리베이터 견인 로프를 조여 미끄러움이나 과속을 방지한다.

기존의 썬치 방식 로프 브레이크는 과속상승 및 개문발차시에만 보조제동장치가 작동하도록 되어 있고 하강방

향은 주제동장치에서 제동력을 가하도록 되어 있다. 그러므로 양방향 로프 브레이크는 기존의 상승방향에 제동을 가하는 썬치식 로프브레이크의 장점을 적용하고 단점인 하강시에 마찰력이 감소되는 점을 보완함에 목적이 있다.

본 논문에서는 썬치방식의 장점을 이용하여 양방향에 동일한 제동력을 가할 수 있는 양방향 로프 브레이크를 개발함에 있어 설계에 대한 기초자료로 활용하기 위하여 3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용하여 구조해석을 수행하였다.

#### 2. 양방향 로프 브레이크의 설계

그림 1은 썬치식 양방향 로프 브레이크의 3D형상으로 SolidWorks를 이용하여 설계하였으며 작동방식은 크게 2가지로 분류할 수 있다. 대기상태는 수명의 대부분을 차지하는 상태로 두개의 스프링을 비상시 제동을 가하기 위하여 압축상태로 유지하기 위한 스프링 가이드와 피스톤 축 등이 있으며 피스톤 축은 유압실린더에 연결되어 스프링의 압축상태를 유지시켜주는 역할을 한다. 측면가이드는 슬라이더를 소정의 각도만큼 유지시켜 썬치 기능을 돕는 장치이고, 브래킷에 의해 전체 시스템이 고정물에 고정되게 된다. 또한 제동시에는 유압실린더의 유

<sup>1</sup>대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

\*교신저자 : 이종선(jongsun@dacjin.ac.kr)

압에 의해 스프링이 서서히 늘어나면서 점진적인 제동을 가져와 급정거로 인한 승객의 안전사고를 방지한다.

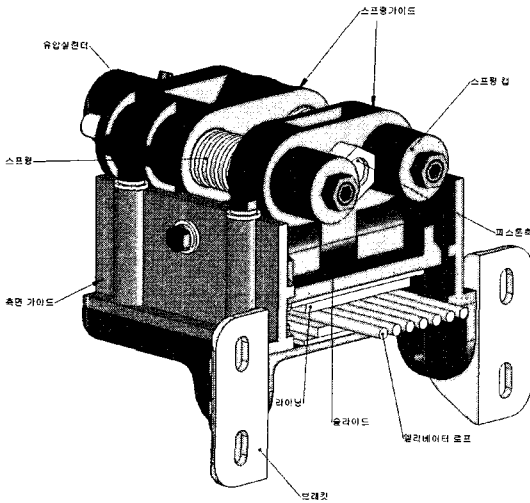


그림 1. 양방향 로프 브레이크의 3D형상

### 3. 구조해석

#### 3.1 재료의 물성치 및 경계조건

양방향 로프 브레이크에 사용된 조건은 표 1과 같이 24인승일 경우에 대하여 해석을 수행하였으며 스프링의 힘에 따라 11인승 ~ 24인승까지 이용이 가능하다.

표 1. Conditions of elevator

Conditions	Value
인승, 적재하중 (kg)	P24, 1600
스프링의 압축력(kg)	3000
승강행정 : TR (m)	70
Rope (φ)	12 × 7
Compen Chain (φ)	9 × 2

본 해석에 사용된 양방향 로프 브레이크의 재질은 GDC 500이며 물성치는 표 2와 같다.

표 2. Material property of GCD 500

Property	Value
Tensile Strength(Mpa)	500
Brinell Hardness	241
Yield Point(Mpa)	350
Modulus of Elasticity(Gpa)	168
Poisson's Ratio	0.29

#### 3.2 유한요소해석 결과

양방향 로프 브레이크의 해석은 기존 제품과 동일한 재질을 사용하여 해석하였으며 그림 2 ~ 그림 3은 양방향 로프 브레이크의 대기상태 일 때의 모델형상과 메쉬형상을 나타낸 그림으로 64,007개의 요소와 153,320개의 절점으로 이루어져 있다. 그림 4 ~ 그림 7은 대기상태 일 때를 해석한 것으로 스프링가이드가 스프링챔과 함께 스프링을 파지하고 피스톤 축이 유압에 의해 스프링을 압축시켜 압축력을 유지하고 있는 상태의 해석으로 오랜시간동안 대기상태로 유지되므로 이에 대한 응력 및 변형률을 해석하였다.

또한 그림 8 ~ 그림 9는 제동상태에서의 모델형상과 메쉬형상을 나타낸 그림으로 63,094개의 요소와 163,610개의 절점으로 이루어져 있다. 그림 10 ~ 그림 17은 제동시 스프링이 압축력을 가지고 와이어가 라이닝에 의해 파지되어 상승 및 하강방향에 대하여 엘리베이터의 적재하중을 받게 되므로 두가지 경우에 대하여 경계조건 및 응력, 변형률, 변위 분포도를 나타내고 있다.

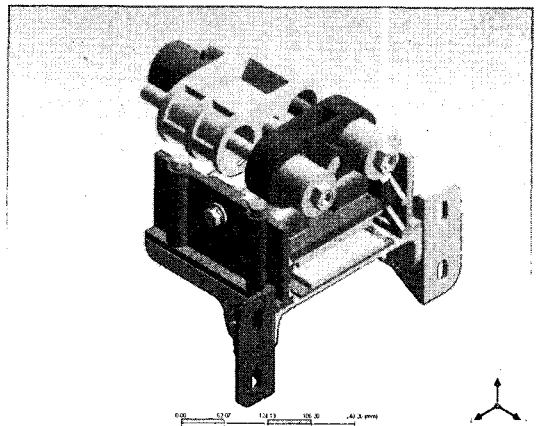


그림 2. 대기상태의 모델형상

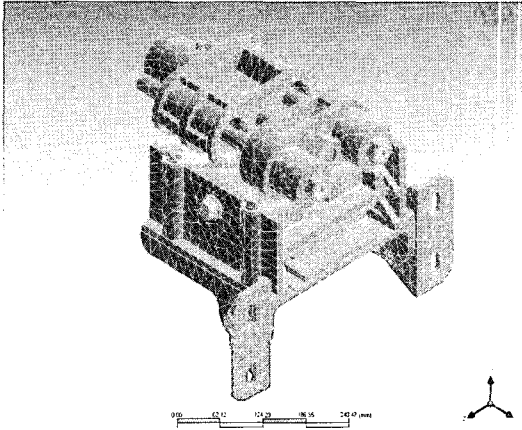


그림 3. 대기상태의 메쉬형상

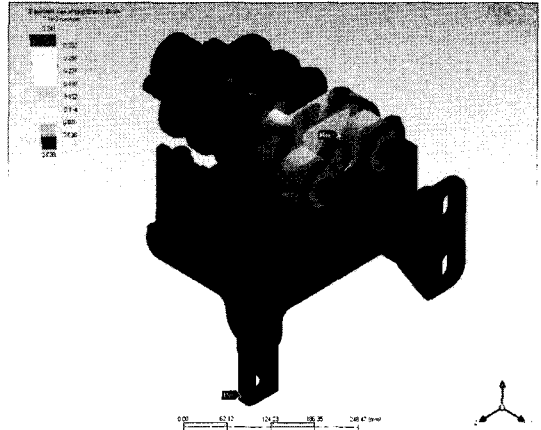


그림 6. 대기상태의 변형률 분포

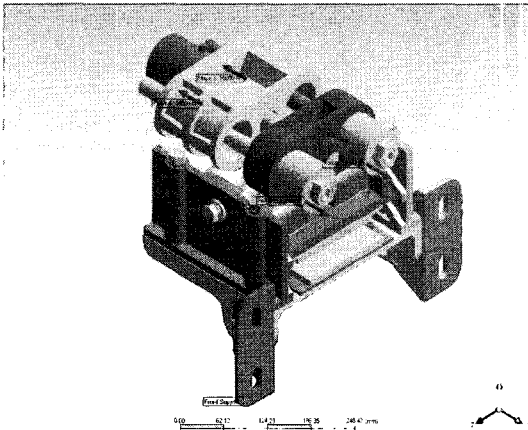


그림 4. 대기상태의 경계조건

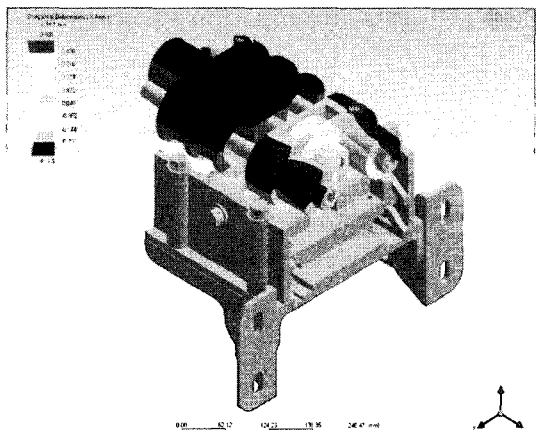


그림 7. 대기상태의 변위 분포(X축)

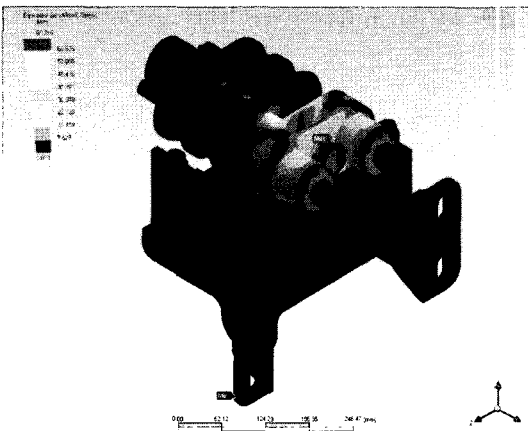


그림 5. 대기상태의 응력분포

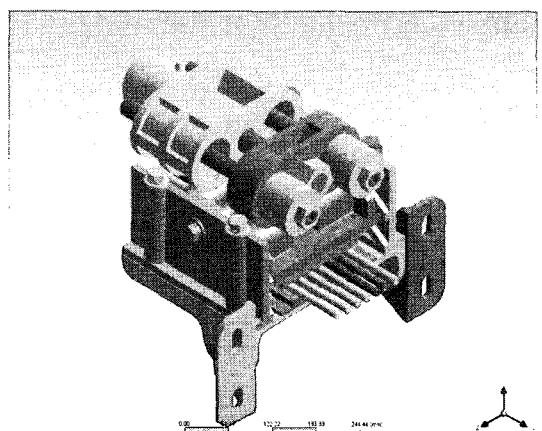


그림 8. 제동상태의 모델형상

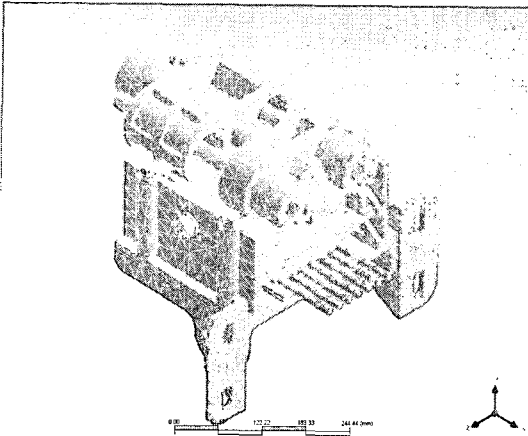


그림 9. 제동상태의 메쉬형상

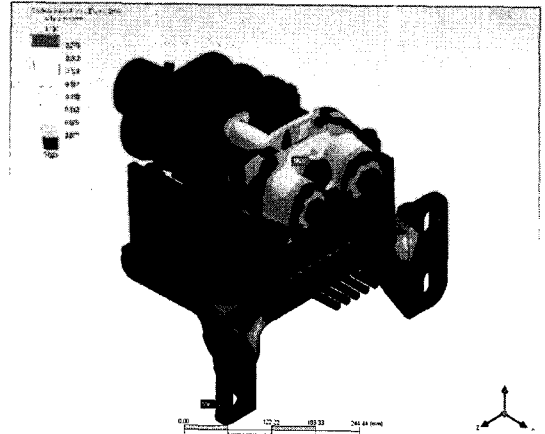


그림 12. 하강방향 제동상태의 변형률분포

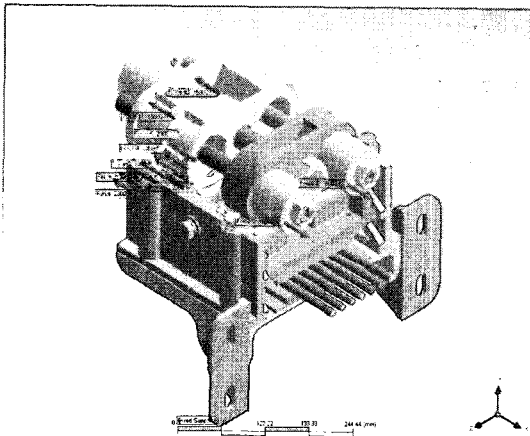


그림 10. 하강방향 제동상태의 경계조건

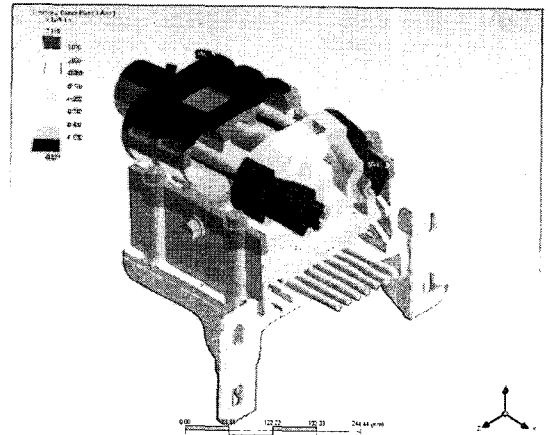


그림 13. 하강방향 제동상태의 변위(X축)

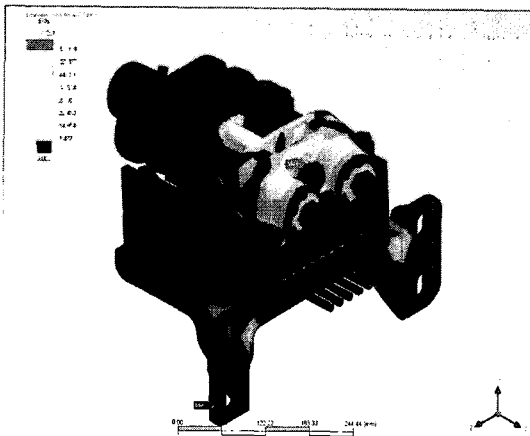


그림 11. 하강방향 제동상태의 응력분포

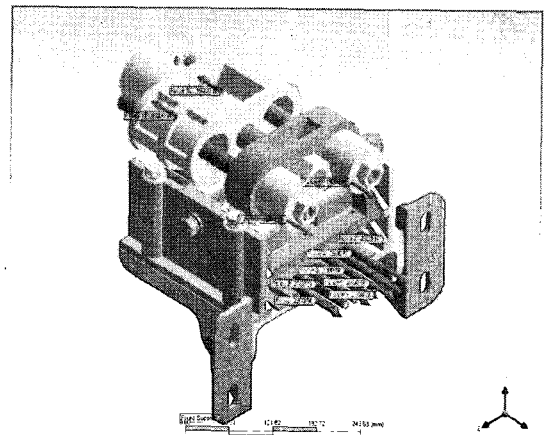


그림 14. 상승방향 제동상태의 경계조건

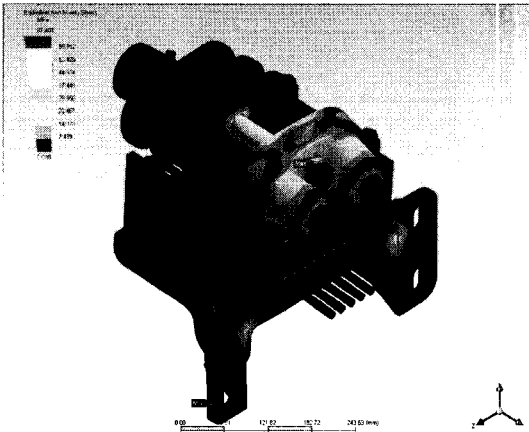


그림 15. 상승방향 제동상태의 응력분포

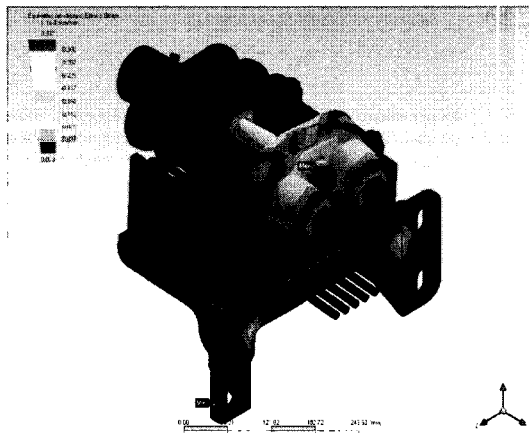


그림 16. 상승방향 제동상태의 변형률 분포

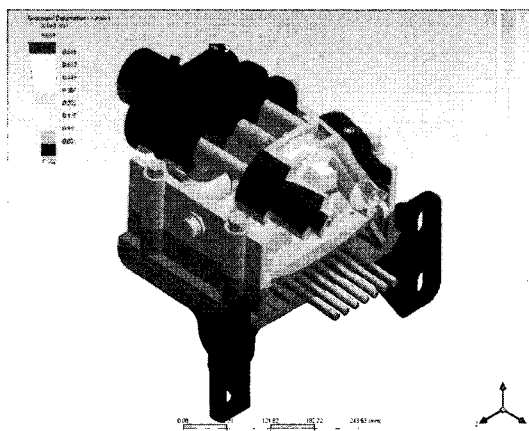


그림 17. 상승방향 제동상태의 변위(X축)

표 3은 해석에 따른 결과 값으로 기존방식의 단방향 로프 브레이크의 응력 및 변형률, 변위와 양방향 로프 브레이크의 응력 및 변형률, 변위를 나타내고 있다.

표 3. Results of analysis

구 분	대기상태 (단방향)	상승제동 (양방향)	하강제동 (양방향)
전체응력(MPa)	68.215	67.401	67.291
전체변형률(e-3)	0.341	0.337	0.336
전체변위(e-1)	0.501	0.699	0.185
피스톤축응력(MPa)	50.374	45.687	45.394
스프링가이드 응력(MPa)	68.215	67.401	67.291
측면가이드, 고정대 응력(MPa)	1.983	26.358	26.079
브래킷 응력(MPa)	0.436	22.677	22.485
라이닝 응력(MPa)	0	7.408	7.654

#### 4. 결 론

양방향 로프 브레이크의 개발을 위해 구조해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 썰기방식의 적은 힘으로 큰 제동력을 발휘하는 장점을 이용하고 썰기의 반대방향에 대해 제동력이 떨어지는 단점을 보완하여 양방향에 대해서 동일한 제동력을 가할 수 있는 로프 브레이크에 대해 구조해석을 한 결과 최대응력이 허용응력 이내 이므로 구조적 안전성을 확보하였다.
- (2) 최대응력이 발생한 부품은 스프링의 압축력을 장기간 지지하고 있는 피스톤 축의 볼트에서 나타났으며 이는 볼트의 높이를 더 높게 하고 강성이 강한 것을 이용함으로써 최대응력이 감소할 수 있다.
- (3) 단방향 제동방식에서 양방향 제동방식으로 개선함으로써 기능향상과 엘리베이터를 이용하는 승객의 안전성을 높이는 효과를 주었다.
- (4) 대기상태에서의 측면가이드 및 고정대, 브래킷의 응력이 적은 것은 스프링의 힘이 슬라이더에 전달되지 않고 피스톤이 압축된 상태를 유지하고 있기 때문이다.

## 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.
- (8) 이종선, 김정훈, 박임준, 2003, "엘리베이터용 로프 브레이크의 구조해석", 한국공작기계학회 2003 추계 학술대회논문집, pp. 9 ~ 13.
- (9) 이종선, 김정훈, 박임준, 2003, "엘리베이터용 로프 브레이크의 설계 및 제작", 한국산학기술학회 2003 추계학술발표논문집, pp. 143 ~ 145.

---

### 이 종 선(Jong-Sun Lee)

[종신회원]



- 1982년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 국민대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 국민대학교 기계설계학과(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 부교수

<관심분야>  
최적설계, 생산공학