

## 엘리베이터 문짝의 최적 운동 곡선

전 경 진\* · 손 정 현\*\* · 유 완 석\*\*\*

### Optimal Cam profile for Elevator Door opening mechanism

Kyoung-Jin Jun, Jeong-Hyun Sohn and Wan-Suk Yoo

**Key Words:** Door mechanism(도어 메카니즘), Contact force(접촉력), Cam Profile(캠 형상)

#### Abstract

In this paper, contact between the coupler-roller and guide in elevator door mechanism is modeled and analyzed with DADS 3D program. The contact force of coupler-roller is an important factor for impact and noise reduction when doors of elevator are opened or closed. To minimize the maximum contact force, an optimal cam profile for the door guide is suggested. To find an optimal shape of the guide, several types of motion curve are tested with DADS contact module.

#### 1. 서 론

도시의 교통에 있어서 전철, 지하철, 자동차 등의 횡방향의 교통기관은 물론이고 엘리베이터 또한 종방향의 교통기관으로서 큰 역할을 하고 있다. 선진국 초고층 빌딩의 엘리베이터 설비계획은 최초 건축설계 때부터 교통수요를 수년 후까지 예측하고 운행상태를 시뮬레이션으로 검토하여 적재량, 속도, 댓수, 운행계획 등을 컴퓨터에 의해 입안하고 있다. 그러나 국내 엘리베이터의 실태를 살펴보면 40여년전 신세계 백화점에 일본 회사의 엘리베이터가 설치된 이래 1968년까지 수입에만 의존하여 왔다. 그 후 1978년의 고도성장 과 아파트 건설붐에 따른 엘리베이터 수요량의 급증으로 10년사이 부품의 국산화율이 97-98%에 달하고 있다.<sup>(1)</sup> 그러나 소프트웨어 측면에선 아직

도 선진국의 설계수준에 못미치고 있으므로 업계와 학계의 연구실적이 더욱 필요한 실정이다. 앞으로는 건물의 대형화, 고층화가 더욱 가속될 것으로 예측되므로 엘리베이터 시스템에 대한 개발과 연구는 필요불가결할 것으로 사료된다.

엘리베이터의 승차감에 큰 영향을 주는 인자는 도어(door)의 개폐시 발생하는 충격 및 소음이다. 그 소음 중 가장 큰 요소는 도어가 닫힐 때 커플러의 롤러(roller)가 가이드와 접촉을 하는 순간에 발생한다.<sup>(2),(3)</sup> 이것을 해석하기 위해 본 연구에서는 DADS<sup>(5)</sup>의 접촉요소를 이용하여 접촉시 발생하는 접촉력을 통해 비교·분석하였다.

또한 본 논문에서는 여러 형태의 롤러 가이드(guide)에 대해 시뮬레이션을 수행하여 접촉력의 크기를 비교하고 분석하였으며, 이를 통하여 접촉력을 줄일 수 있는 캠 프로파일을 제안하였다.

2장에서는 도어 시스템의 개략적인 설명을 하였고, 3장에서는 도어 시스템의 DADS 모델링, 4장에는 컴퓨터 시뮬레이션에 대해 다루었으며, 결론을 5장에 나타내었다.

\* 회원, 부산대학교 대학원

\*\* 회원, 부산대학교 대학원

\*\*\* 회원, 부산대학교 기계공학부

## 2. 도어 시스템의 일반적인 개요

### 2.1 도어 시스템의 종류

도어 시스템의 형식을 분류하면 크게 한쪽으로 개폐되는 측면 열림(side open : S) 방식과 중앙에서 양쪽으로 개폐되는 중앙 열림(center open : CO) 방식으로 나뉜다. Fig. 1에 문 개폐방식에 의한 분류를 나타내었다.

일반적으로 승용 엘리베이터에는 중앙 열림식 쌍짝문, 침대용은 측면 열림식 쌍짝문이 채용되고 있으며 자동차용이나 대형 화물용은 위아래 열림 방식이나 위로 열림 방식이 많이 사용된다.

### 2.2 가로 열림문 방식

보통 문 개폐 장치를 카(car)의 위에 설치하고, 암(arm)이나 체인(chain)에 의해 카의 문을 개폐한다. 문짝판(door panel)은 주로 강판을 성형한 후 이를 적절히 보강하여 사용한다. Fig. 2에 도어 레일(door rail)과 행거(hanger)를 나타내었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 문짝판은 도어 레일, 도어 행거 등에 의해 원활하게 개폐되도록 걸려 있다. 도어 행거의 롤러에는 개폐시의 소음을 작게 할 필요가 있는 승용 엘리베이터에서는 일반적으로 강제의 롤러에 플라스틱 등의 타이어를

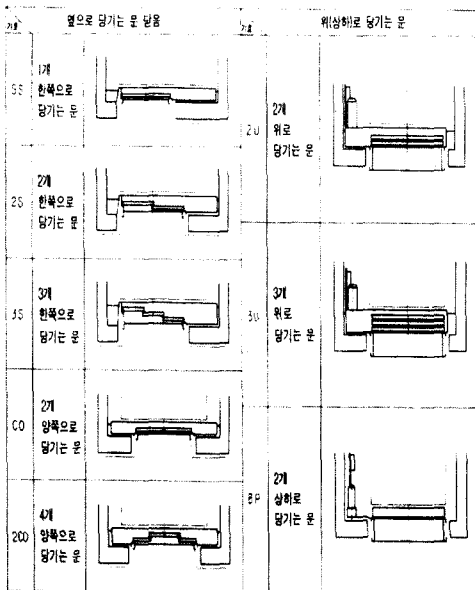


Fig. 1 Types of door mechanism

씌운 것이 사용된다. Fig. 3에 문(door) 개폐기구를 나타내었다. 카문(car door)의 개폐 기구로서는 Fig. 3과 같이 2개의 문을 암에 의해서 개폐하는 방식과 한쪽 문을 암으로 개폐하고, 다른 쪽 문을 로프(rop)나 체인에 의해 연동되도록 한 것이 있다.

### 2.3 문짝 개폐기(Door machine)

문짝의 개폐는 모터의 회전을 감속시켜 암이나 로프 등을 구동함으로써 이루어진다.

감속 장치로는 과거에는 워م 감속기가 주류를 이

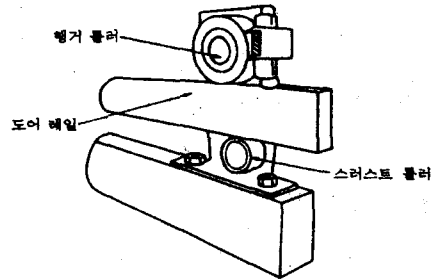


Fig. 2 Door rail and hanger



Fig. 3 Open and closing mechanism

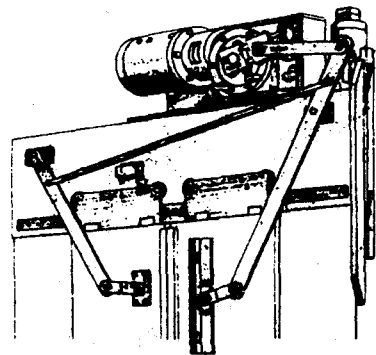


Fig. 4 Worm gear in door mechanism

루고 있었으나 최근에는 벨트나 체인에 의한 감속을 이용하는 것이 대부분이다. Fig. 4에 읽기어 감속을 하는 도어 시스템을 나타내었다.

도어 머신에 요구되는 성능은 동작이 정확해야 할 것은 물론 동작이 원활하고 정속해야하며, 카위에 설치하기 때문에 소형이어야 한다. 또한, 동작 횟수가 엘리베이터 기동 횟수의 2배 이상이므로 보수가 용이해야 한다.

### 3. 도어 시스템 모델링

#### 3.1 도어 시스템 모델링

본 연구에 사용된 도어 시스템의 모델링은 실제 엘리베이터의 사진 측량을 통해서 DADS 3D로 모델링을 하였다. Fig. 5에 DADS에서 모델링한 전체 시스템의 형상을 나타내었고 Fig. 6에 도어 윗 부분의 상세도를 나타내었다.

도어의 모델링은 중앙 열림 방식의 문을 한 쪽만 모델링 하였다. 모든 물체(body)는 강체(rigid body)로 고려되었으며, 각 물체의 질량 특성(mass, moment of inertia, density 등)은 형상을 참조하여 계산하였다. 모델링에 사용된 총 물체의 수는 13개이고, 10개의 회전 조인트(revolute joint)와 3개의 병진 조인트(translational joint) 그리고 1개의 드라이브가 사용되었다. 또한 총 9개의 접촉요소가 사용되었는데 그 중 직접적으로 도어의 무게를 지탱하고 있는 행거 롤러와 도어 레일도 접촉 요소를 사용하여 모델링을 했다. 도어의 문을 열고 닫는 구

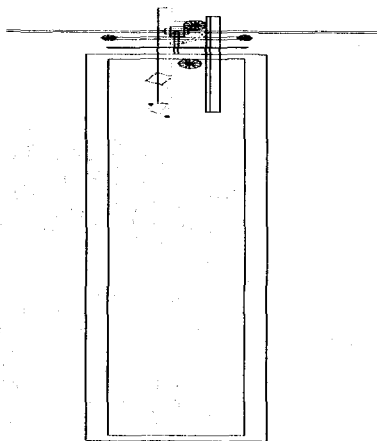


Fig. 5 Schematic Diagram of Door System

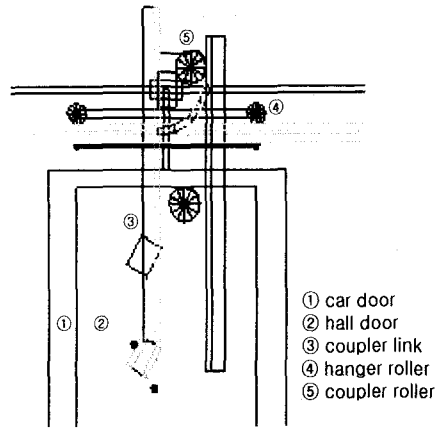


Fig. 6 Detail Modeling

동부분은 드라이브를 사용해서 모델링을 하였다. 전체 도어 시스템은 각각 행거 롤러의 회전성분 4와 커플러 롤러의 회전성분 1, 그리고 커플러의 자유도 1 이렇게 총 6 자유도를 가진다.

전체 시스템의 자유도 계산은 다음과 같다.

물체 수 : 13	$13 \times 6 = 78$
구속조건들	
그라운드 : 1	$1 \times 6 = 6$
회전 조인트 : 10	$10 \times 5 = 50$
병진 조인트 : 3	$3 \times 5 = 15$
드라이브 : 1	$1 \times 1 = 1$
	-----
	6 d.o.f.

#### 3.2 커플러 모델링

Fig. 7과 Fig. 8에 본 연구의 해석에 사용된 커플러의 실제 형상과 DADS에서 모델링한 형상을 각각 나타내었다.

커플러의 롤러와 가이드는 DADS에서 제공하는 접촉 모듈(contact module) 중에서 점-면 접촉요소(point-segment contact)를 사용했으며 재질은 스테인레스 강 SUS304를 사용하였다.

## 4. 컴퓨터 시뮬레이션

#### 4.1 시뮬레이션(Simulation)

Table 1에 출입구 폭과 문 개폐 방식에 따른 도어의 개폐시간을 나타내었으며 자료는 승강기

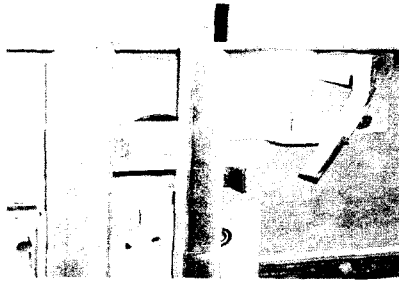


Fig. 7 Coupler

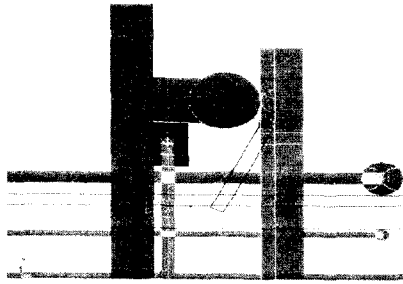


Fig. 8 Coupler in DADS

안전 설계기준(II)<sup>(4)</sup>을 근거로 하였다. 본 연구에서는 도어의 개폐시간을 5.5초로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 9에 도어의 속도패턴을 나타내었으며, 주어진 시간과 도어의 형상을 고려하여 산정하였다. 구동은 Fig. 9의 속도패턴을 적분하여 입력 데이터로 구성하였다.

가이드의 형상은 직선 형상 두 개를 결합시킨 경우(case I)와, 직선 형상 세 개를 결합시킨 경우(case II), 그리고 직선과 곡선의 조합(case III)으로 나뉘어서 모델링하여 이 세 가지 경우에 대해 각각 시뮬레이션을 시행하였다. Fig. 10에 가이드 형상의 모델링 예를 나타내었다. 접촉 모듈에 사용되어진 물성치를 Table 2에 나타내었다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 연구의 초점인 도어의 개폐시 발생하는 소음의 주된 원인이 되는 커플러의 롤러와 가이드가 서로 접촉할 때 발생하는 접촉력을 Fig. 11에 나타내었고, 접촉시의 상세 부분을 Fig. 12에 나타내었다. 도어는 약 2.7초까지는 열리다가 그 이후부터는 닫히는 과정을 보인다. Fig. 11에 나타나 있는 것처럼 도어는 열리기 시작하나 커플

Table 1. Criteria for Door Open  
(출처:승강기 안전설계 기준II), [sec]

출입구 폭(mm)	문 개폐 방식		비고
	2매 중앙	2매 일방	
800	3.7	4.7	
850	3.8	5.0	11인승 까지
900	4.0	5.3	
950	4.1	5.5	12-15인승
1000	4.2	5.7	16-17인승
1100	4.4	6.1	24인승 까지
1200	5.0	6.5	
1400	5.5(초)	7.0(초)	

Table 2 Physical and Mechanical  
properties of SUS304<sup>[6]</sup>

	Yield Strength	Elongation	Elastic Modulus
Unit	MPa	%	Gpa
Value	205	40	193

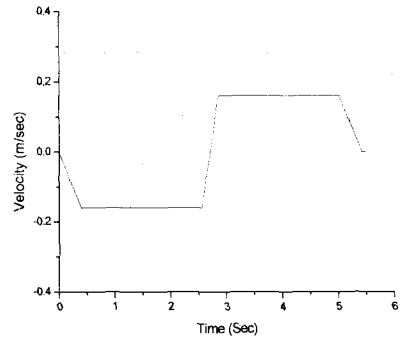


Fig. 9 Graph of Velocity of Door

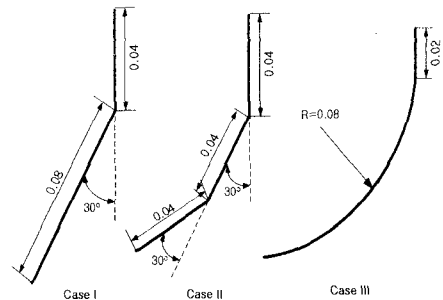


Fig. 10 Shapes of Guide

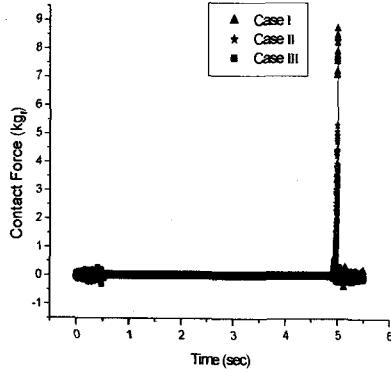


Fig. 11 Graph of Contact force at Coupler-roller

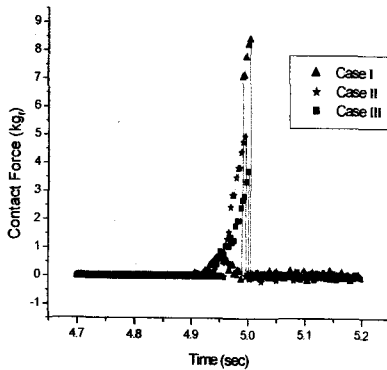


Fig. 12 Detail graph of Contact force at Coupler-roller

러의 자중에 의해서 커플러의 롤러와 가이드는 계속 접촉이 되어있는 상태가 유지되기 때문에 접촉력이 영(zero)이 아닌 값을 나타내게 된다. 시간이 0.6초 정도 지난 후에 커플러의 롤러가 가이드를 완전히 벗어나서 접촉력이 영인 상태로 계속 움직이다가 4.9초 정도에서 다시 접촉을 시작해서 도어가 완전히 닫힐 때까지 접촉을 계속 하고 있다.

Fig. 11과 12에서 보여지는 것처럼 도어가 열리거나 닫히는 과정중의 커플러의 롤러와 가이드가 접촉되어 있는 상태에서는 세 가지 경우가 거의 비슷한 접촉력을 가지는 것을 알 수 있으나 롤러가 가이드와 접촉을 하는 순간에는 case III가 다른 두 가지의 경우에 비해 가장 작은 접촉력을 가짐을 알 수 있다.

모델링시 구동 드라이브의 입력자료나 접촉 모

듈 사용시 입력된 재료의 물성치가 실제와는 다소 차이가 있어서 정확한 반력을 계산할 수는 없었지만 경향은 쉽게 예상되어 질 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 상용 다물체 동역학 해석 프로그램인 DADS를 사용하여 도어 시스템을 모델링하여 도어 개폐시 발생하는 소음의 주된 원인인 롤러와 가이드의 접촉력을 다양한 형태의 가이드 형상을 적용해서 해석을 해봄으로써 작은 접촉력이 발생하는 가이드의 구조를 실제 제작이 아닌 시뮬레이션을 통해 구할 수 있도록 하였다.

현재는 모든 물체를 강체로 모델링 하였으나 향후에는 좀 더 정확한 물성치와 입력 자료 등을 이용하여 도어와 커플러 부분들을 탄성체로 모델링을 하여 롤러의 접촉력 해석 뿐만아니라 도어의 급정지 등의 다양한 해석을 통해 실험치와 아주 근접한 결과를 얻을 수 있도록 하고자한다.

## 참고문헌

- (1) 이재봉, 1989, "엘리베이터 시스템 사양결정을 위한 최적화 모델 개발에 관한 연구," 한양대학교, 석사학위논문
- (2) 박창복, 1985, "特別避難階段 및 非常用昇降機 前室의 排煙設備에 關한 研究," 부산대학교, 석사학위논문
- (3) 김홍기, 1983, "고층 아파트에 있어서 엘리베이터 規模計畵에 關한 研究," 중앙대학교, 석사학위논문
- (4) 승강기 안전 설계 기준 II, 공업 진흥청, PP20, 1980
- (5) DADS (Dynamic Analysis and Design System) User's Manual, Compute Aided Design Software Incorporated, Iowa, U.S.A., 1985
- (6) Metal Handbook Desk Edition, American Society for Metals, pp.1.63 ~ 1.68, 1991
- (7) 손두익, 김정우, 1998, (이론에서 실무까지) 昇降機工學, 世和
- (8) 고경석, 1993, 엘리베이터 입문 : 에스컬레이터·입체 주차장, 세운