

# 아파트에서의 승강기 수용률 설정에 관한 연구

(A Study on The Diversity Factor of Elevators in Apartment Housing)

이기홍\* · 성세진\*\*

(Ki-Hong, Lee · Se-Jin, Seong)

## 요 약

본 논문에서는 아파트에 시설된 승강기의 운전실태를 분석하여 승강기 수용률을 설정하였다. 승강기 운전실태를 분석한 결과 승강기 동시운행률은 1년중 9월에 최대값을 나타내었으며 아파트(계단식, 20층 기준)에서의 승강기 1일 평균 운행횟수는 약 800회, 동시운행률의 최대값은 약 40~45%인 것으로 나타났다. 승강기의 대수별 수용률은 현행 기준치보다 약 10%정도 낮은 것으로 분석되었다.

## Abstract

This paper established the demand factor of elevator. For this purpose, it was analysed the operating pattern of elevator into power supply facility installed in the apartment. As a result, it is found that the simultaneous driving-rate of elevator peaked at September in a year and the average operation of 1 day recorded the 800 counts. Also, the peak-value of simultaneous driving-rate investigated about 40~45%.

Therefore, it was analysed that the demand factor of elevator are smaller than 10% by standard data.

## 1. 서 론

최근 건축물에서는 동력부하설비들에 대한 효율적 운전과 고품위 서비스 제공을 위해 전력전자기들이 적극적으로 도입되고 있다. 그 결과 건축물에 시설되어 있는 동력부하들의 전력소비 특성이 크게 변화되고 있어 전원설비 설계시에는 이러한 변화를 고려한 합리적 용량설계가 요구되어 지고 있다[1].

특히 아파트에서는 수십대의 인버터 승강기가 시설되는 것이 일반적이므로 동력전원설비의 합리적 용량산정을 위해서는 승강기부하에 대한 정확한 계 특성들의 규명과 기준정립이 우선적으로 요구된다. 그 중에서도 승강기 수용률은 전력소비 특성과 함께

동력전원설비용량 산정시 가장 기본적인 문제임에도 불구하고 국내에서는 아직까지 이와 관련된 연구가 미진한 상태이었다[2]. 그 결과 일반 사무실과 같이 승강기 사용빈도가 낮은 건축물의 동력전원설비 용량산정시 적용하는 승강기 수용률을 아파트의 동력전원설비 용량산정시에도 일반적으로 적용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 아파트에 시설된 승강기의 운행특성을 측정 및 분석하여 아파트의 전원설비 용량 산정에 적합한 승강기 수용률(대수별 환산치)을 설정코자 한다.

## 2. 승강기 관련 이론

### 2.1 승강기 계획

승강기는 주로 건축물에서 사람이나 화물을 운반 하는데 사용되는 설비로서, 그 종류가 다양하나 건축

\* 정회원 : 대한주택공사 주택연구소 연구원

\*\* 정회원 : 충남대학교 전기과 교수

접수일자 : 2000년 11월 24일

## 아파트에서의 승강기 수용률 설정에 관한 연구

물에서는 인버터에 의해 제어되는 로프식 승강기가 일반적으로 많이 설치되고 있다.

승강기 계획이란 이와같이 다양한 승강기들 중에서 수송능력과 설치방법 등을 고려하여 건축물에서의 운송기능을 최적화하는 것으로서, 승강기 서비스 수준을 만족시키기 위한 승강기 기종과 대수를 결정하는 것이다[3]. 아파트에서의 승강기 계획은 승강기의 크기와 속도, 이용세대수에 따른 대수 결정 및 승강기 배치계획이 중요한 테마이다.

승강기 설치대수의 기준은 복도형 아파트인 경우 100세대당 1대이상, 계단형 아파트인 경우는 계단실마다 1대이상 설치토록 주택건설관련 법규에서 규정하고 있다.

### 2.2 승강기의 전력소비 특성

아파트에 시설되는 로프식 승강기는 그림 1과 같이 사람이나 화물을 탑재하는 카(CAR)와 그 반대편에 매달려 있는 균형추(Counter Weight), 그리고 이들을 구동하는 전동기와 권상기, 전체시스템을 제어하는 제어부 등으로 구성되어 있다[4].

여기에서 균형추의 중량은 승강기의 전류소비특성에 매우 큰 영향을 미치는 요소로서 일반적으로 식(1)과 같은 방식으로 산정된다.

$$\text{균형추중량} = \text{카중량} + \text{정격적재중량} \times 0.5 \quad (1)$$

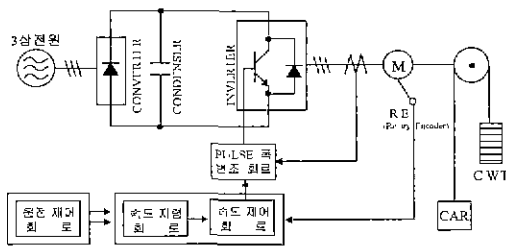


그림 1. 인버터제어 승강기의 시스템 구성도  
Fig. 1. Schematic diagram of inverter elevator

건축물에서의 승강기는 상하운행의 방향 및 부하의 중량에 따라 전력소비특성이 다르게 나타난다. 즉, 전부하 상승시와 무부하 하강시에 최대전력이 소비되며 전부하 하강시와 무부하 상승시에는 오히려 전력이 발생되는 4상한 운전을 하게 된다(그림 2)[5].

따라서 산술평균적으로 승강기 운행 횟수의 절반

은 전력소비가 이루어지지 않고 운행된다는 결론을 얻을 수 있다.

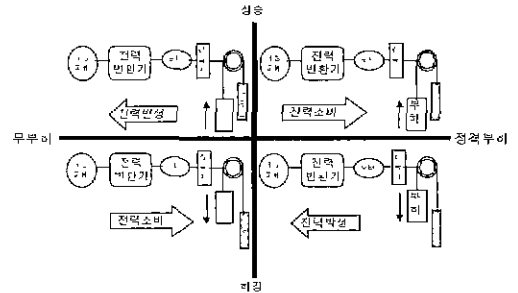


그림 2. 로프식 승강기의 4상한 운전  
Fig. 2. 4-Quadrant operation of Elevator

### 2.3 승강기 수용률의 정의

여러대의 승강기에 일괄해서 전력을 공급하는 경우, 전원설비에 흐르는 실제의 전류치는 모든 승강기가 동시에 움직일 경우의 전류치 합보다 작게 된다.

즉, 모든 승강기가 동시에 움직인다고는 할 수 없으므로 시설된 승강기 전체의 전류합에 일정한 환산치를 부과하여 전원설비용량을 산정하는 것이 타당하다. 이와 같이 승강기 수용률은 복수대의 승강기가 동시에 운전될 때 흐르는 실제의 전류 크기와 시설된 승강기 전체의 정격전류 합과의 비율을 나타내는 것으로 식(2)와 같이 정의한다

$$\text{승강기수용률} = \frac{(\text{실제의 전류})}{(I_1 + I_2 + \dots + I_N)} \quad (2)$$

여기서,  $I_1, I_2, \dots, I_N$ : 각 승강기의 정격전류

따라서 승강기 수용률을 설정하기 위해서는 승강기에 의해 흐르는 전류를 측정하여야 한다. 하지만 변압기에 시설되어 있는 여러부하 중에서 승강기 부하의 전류만을 별도로 측정하는 것이 불가능하므로 본 연구에서는 여러대 승강기의 동시운행률을 측정하여 승강기 수용률을 설정한다

## 3. 승강기 운행특성 실측

### 3.1 실측대상

본 연구에서는 국내에 보편적으로 건설되는 20층의 계단식 아파트에 시설된 승강기를 대상으로 승강

기의 동시운행특성을 실측하였다.

측정단지는 20층의 계단식 아파트 3개단지를 측정하였다. 이들 측정단지에 대한 개략적 현황은 표 1과 같다.

표 1. 측정단지의 현황  
Table 1. The state of investigated apartments

측정단지	세대수	승강기 대수	아파트 형식	층수
경기 A	800호	20 대	계단식	20층
경기 B	800호	20 대	계단식	20층
대구 C	400호	10 대	계단식	20층

### 3.2 실측방법

아파트 각 단지에 설치되어 있는 승강기 감시시스템을 이용하여 동시운행률을 측정하였다.

즉, 그림 3과 같이 5분간격으로 각 시각에서 운행되고 있는 승강기의 운행 여부를 0과 1로 표기하여 동시운행 댓수를 측정하도록 감시시스템에 소프트웨어를 설치하고, 이를 월별로 수집·분석하면서 1년간 측정하였다.

날짜	시간	승강기(호기)										합계
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
98.11.15	07:00	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	4
98.11.15	07:05	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	4
98.11.15	07:10	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5

그림 3. 출력데이터 형식  
Fig 3. The output format of measured data

## 4. 실측결과 및 수용률 설정

### 4.1 수용률의 설정 방법

수용률을 설정하기 위해서는 우선 승강기의 동시운행률을 결정하여야 한다. 동시운행률은 확률이론과 현장에서의 실측에 의해 구할 수 있다.

확률 이론으로서 계단식 아파트에서의 승강기 운행은 각 승강기별로 독립적이므로 승강기의 최대 동시운행률은  $n$ 대의 승강기가 설치되어 있을 때  $x$ 대 이하의 승강기가 동시에 운행되고 있을 확률의 누적함수이므로 식(3)과 같은 누적이항확률로 나타낼 수 있다[6].

$$P(X \leq x) = \sum_{k=0}^x \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (3)$$

단,  $n$  : 승강기 댓수, : 동시운행 댓수  
 $p$  : 1회 운행주기 중 승강기가 운행되고 있을 확률

본 연구에서는 식(3)에서  $P$  값이 95% 되는  $x$ 를 동시에 운행되는 최대 승강기 댓수로 결정하였는데 이때의 동시운행률은 식(4)와 같이 표기할 수 있다.

$$\text{동시운행률} = \frac{x}{n} \times 100[\%] \quad (4)$$

따라서 승강기 수용률은 댓수별 승강기 동시운행률에서 승강기의 4상한 운전특성과 안전율을 고려하여 설정할 수 있다.

### 4.2 실측결과

그림 4와 그림 5는 5분간격으로 1년간 측정된 월별 평균 동시운행률 중에서 1월, 5월, 9월의 값을 나타낸다. 각 그림으로부터 오전 8시와 오후 17시~19시 사이에 나타나는 피크는 출퇴근 시간과 일치함을 알 수 있다. 평균 동시 운행률의 최대값은 40~45%

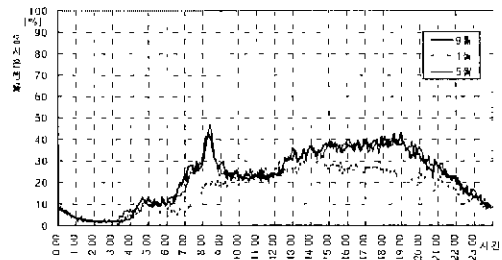


그림 4. 월평균 동시운행률 (경기 A 단지)  
Fig 4. The simultaneous driving rate of monthly average (KyongGi A apartment)

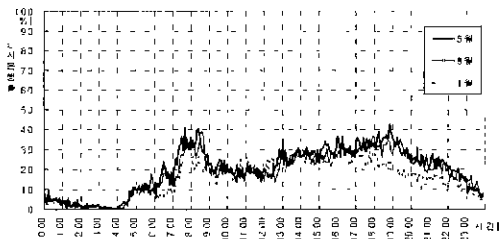


그림 5. 월평균 동시운행률 (대구 C 단지)  
Fig 5. The simultaneous driving rate of monthly average (Dae-Gu C apartment)

아파트에서의 승강기 수용률 설정에 관한 연구

범위내에 있음을 나타내고 있으며, 월평균 동시운행률은 1년 중 9월이 가장 높고 1월이 가장 낮은 것으로 나타났다.

표 2는 피크시간(17시~19시)에 측정된 9월의 동시운행률 데이터를 가지고 산출한 댁수별 동시운행률이다. 댁수별 동시운행률은 신뢰수준 95%에서의 신뢰구간 최대값으로 결정하였다

표 2. 단지별 동시운행률  
Table 2. The simultaneous driving rate in investigated apartments. 단위: (%)

단지 대수	단지			평균
	경기 A	경기 B	대구 C	
2	100	100	100	100
3	95	93	94	94
4	88	86	86	87
5	81	79	81	80
6	76	74	77	76
7	71	71	75	72
8	69	67	71	69
9	68	65	69	67
10	66	63	67	65
11	64	63	-	64
12	62	62	-	62
13	61	61	-	61
14	60	60	-	60
15	60	59	-	60
16	59	58	-	59
17	59	57	-	58
18	58	56	-	57
19	58	56	-	57
20	57	55	-	56

또한 국내 모 승강기 제조사에서 운영중인 승강기 원격 감시시스템으로부터 승강기의 운행기록을 제공받아 승강기의 단독 운행 특성을 분석하였다. 다음의 표 3은 동시운행률을 측정된 아파트와 유사한 환경에 있는 아파트(19층)에서 운행중인 승강기 개별운행 특성 분석결과이며, 그림 6은 시간대별 운행횟수를 나타낸다. 표 3에서 승강기의 1회 운행 주기는 약 1

분으로 분석되었으며 여기에서 운행주기는 승강기가 운행하는 시간 및 출입문의 개폐시간, 승객 출입시간과 다음 운행시간까지 대기시간의 합이다.

표 3. 승강기 운행특성 (19층, 전용25평, 계단식)  
Table 3. The operation character of Elevator (19th F/L, 25 pyong, Stairs type)

항목 단위	운행 횟수 [회]	운행 거리 [km]	운행 시간 [min]	1회운	1회운	1시간 운행횟수 (1800~1900)	
				행거리 [m]	행시간 [초]		
19층	1개월	24,421	520	8,811	213	216	1,843
	1일	814	16.77	28.1			59

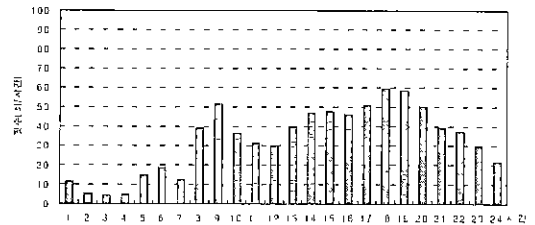


그림 6. 승강기의 일일 운행횟수 (19층, 계단식)  
Fig 6. The driving counts state in a day (19 F/L, stairs type)

또한 표 3에서 1회 운행할 때 소요되는 평균 시간은 약 21초이므로 어느 시점에서 승강기가 운행하고 있을 확률( $p$ )은  $0.35(=21초/60초)$ 이다. 따라서  $n$ 대의 승강기가 있을 때 운행되고 있는 승강기의 최대 대수를  $x$ 라 하면 누적이항 확률에 의해 표 4와 같이 동시운행률을 얻을 수 있으며 이 결과는 표2에서의 평균 동시운행률 결과와 거의 유사함을 알 수 있다.

표 4. 확률로 추정된 승강기 동시운행률  
Table 4. The simultaneous driving rate by the probability

승강기 댁수 ( $n$ )	7	9	11	13	15	20
최대동시운행대수 ( $x$ )	5	6	7	8	9	11
동시운행률 [%]	71	67	64	62	60	55

4.3 승강기 수용률 설정

건축물에 설치되는 승강기는 상향과 하향 운전만이 존재하는 수직왕복 운동과 균형추에 의한 4상한 운전특성을 갖게 된다. 따라서 확률적으로 운행횟수

의 50%는 전력에너지를 소비하지 않는 운행이다.

한편 아파트의 승강기 이용효율은 사무실용 건물 의 승강기 이용효율보다 매우 낮다는 특징이 있으며 운행의 85%가 정적인원의 20%이하인 상태에서 운행 되는 것으로 보고 되고 있다[7].

따라서 본 연구에서는 탑승을 및 안전율을 고려하여 식(5) 및 식(6)과 같이 덧수별 동시운행률에 적정 환산치를 곱하여 승강기 수용률을 설정하였다.

- 승강기 대수가 적은 경우(2대~5대)  

$$\text{승강기 수용률} = \text{동시운행률} \times 0.9 \quad [\%] \quad (5)$$

- 승강기 대수가 많은 경우(6대 이상)  

$$\text{승강기 수용률} = \text{동시운행률} \times 0.75 \quad [\%] \quad (6)$$

승강기 대수가 적은 경우의 승강기 수용률은 전력 간선 및 차단기 용량산정에 사용되는 수용률이다. 또한 운행하고 있는 승강기 모두가 무부하 상태에서 하강운전하고 있을 확률을 무시할 수 없으므로 동시 운행률을 그대로 승강기 수용률로 설정하여야 한다. 그러나 측정된 동시운행률을 그대로 적용할 경우 특별한 문제없이 사용되고 있는 현재의 승강기 수용률 기준(내선규정에서 참고로 제시하고 있는 사용빈도 대의 기준) 보다 높게 산정되므로 경제성을 고려하여 동시운행률의 90%를 승강기 수용률로 설정하였다. 반면에 승강기 대수가 많은 경우의 수용률은 변압기 및 발전기 용량산정에 사용되는 수용률로서, 운행되고 있는 다수대의 승강기 모두가 무부하 상태에서 하강운전하고 있을 확률은 거의 없으므로 동시운행률의 75%를 승강기 수용률로 설정하였다.

이러한 보정계수는 전력을 소모하는 승강기 동시 운행률의 50%와 안전률 25%를 고려한 보정계수로서 충분히 안전을 고려한 보정계수로 판단된다.

이와같이 이원화된 안전율을 고려하여, 본 연구에서 20층 아파트(계단식)를 대상으로하여 설정한 덧수별 승강기 수용률 기준(안)은 표 5와 같다.

표 5. 승강기 수용률 기준 설정(안) (20층기준)  
 Table 5. The proposed standard data of demand factor in elevator.

승강기 덧수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
승강기 수용률	100	90	85	78	72	57	54	52	51	49
승강기 덧수	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
승강기 수용률	48	47	46	45	44	44	43	43	42	

## 5. 결 론

본 연구에서는 대단위 아파트에 시설된 복수대의 승강기에 대한 운전특성을 측정하여 아파트특성에 알맞은 승강기 수용률을 제시하였다. 이러한 연구결과는 전원설비의 정확한 용량 산출과 운전효율 향상에 기여할 것으로 기대된다. 그러나 승강기 운행빈도 및 운행특성은 승강기 이용세대수 및 건물 용도, 층수, 승강기 계획 방법 등 여러 가지 요인에 따라 다르게 나타날 수 있다. 따라서 본 연구 결과는 20층 계단식 아파트를 대상으로 수립한 기준이므로 승강기 운행특성이 이와 다른 건물에는 별도의 기술적 고려가 요구 된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 대한주택공사, "인버터승강기의 동력설비용량 신징 및 고조피해석에 관한 연구", 1993
- [2] 대한주택공사, "아파트 동력부하 수요율 실태조사", 1989
- [3] 日本エレベータ協會, "建築設計・施工のための昇降機計劃指針", 1992
- [4] 日本内燃力發電設備協會, "自家發電設備の出力算出方法解説書", 1988
- [5] 에너지관리공단, "승강기실태조사" 1999
- [6] 박인식, 윤영선, "현대통계학", 다산출판사, 1992
- [7] 대한주택공사, "고층아파트 승강기의 동력배선용량신징 연구", 1987

## ◇ 저자소개 ◇

### 이 기 홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생, 1988년 충남대 공대 전기공학파 졸업(학사), 1990년 동 대학원 졸업(석사), 1993년 동 대학원 박사과정 수료, 현재 대한주택공사 주택연구소 연구원

### 성 세 진 (成世鎭)

1948년 7월 15일생, 1973년 서울대 공대 공업교육과 졸업(학사), 1975년 동 대학원 졸업(석사), 1988년 일본 동경공업대 대학원 졸업(박사), 현재 충남대 공대 전기공학과 교수.