

지하상가시설의 부하특성과 수용률 기준설정에 관한 연구

(A Study on the Design Standard of Demand Factor and Load Characteristics in Underground Streets)

金世東*
(Se-Dong Kim)

요 약

본 연구는 국내 지하상가시설의 설비구성 및 가동특성을 고려한 전기설비현황 및 전력사용부하 특성을 실측, 조사하여 변전시설용량의 합리적 설계를 위한 부하종별 수용률 기준을 설정하여 제시한다.

Abstract

This paper shows a reasonable design standard of demand factor in underground streets, that was made by the systematic and statistical way considering actual conditions, such as investigated electric equipment capacity, electric power consumption, load characteristics, etc., for 7 underground streets.

1. 서 론

계속되는 경제성장과 생활수준의 향상으로 전기에너지의 소비는 급격히 증가되고 있다. 특히 대규모 지하상가시설과 같은 전력다소비 시설에서는 전력의 효율적 이용에 의한 에너지절감은 물론 설계단계에서의 합리적인 전기설비설계가 요청되고 있다. 따라서, 우리나라 지하상가시설의 부하특성에 적합한 합리적이고 통계적인 부하종별 수용률 적용 기준이 요구되며, 보다 정확한 장래 전력수요 예측이 필요하다.

본 연구에서는 국내 지하상가시설의 설비구성과 가동특성을 고려한 전기설비 현황 및 전력사용 부하특성을 실측, 조사하여 변전시설용량의 합리적인 설계를 위한 부하종별 수용률 기준을 제시한다.

2. 부하특성 분석

2.1 일부하특성

그림 1은 하절기중 최대수요전력 발생일의 일부하곡선을 나타낸 것이다. 전 부하기기의 가동특성을 살펴보면, 10시부터 부하 가동이 증가하기 시작하여 12시경에 최대수요전력을 나타내고 있었고, 20시까지 최대수요전력을 계속 유지하고 있는 것으로 분석되었다.

*正會員 : 한국건설기술연구원 선임연구원/기술사
接受日字 : 1996年 1月 23日

이중에서도 16시경에 1일중 최대수요전력을 나타내고 있었는데, 이의 원인으로서는 일반동력과 냉동기 부하는 최대전력 발생동안에 일정하게 유지된 반면에 조명부하는 16시부터 20시까지 조금 더 증가하는 것으로 나타나 오후시간대 부터 조명기기의 사용이 급증하고 있는 것으로 분석되었다.

일반 건축물과는 달리 상가시설의 특성상 점심시간대부터 저녁시간대까지 부하 가동이 정상적으로 계속되고 있음을 알 수 있다.

2.2 주간 부하특성

표 1은 K지하상가(서울지역)의 일주일간 시간대별 부하전류의 사용현황을 조사한 것이며, 주간중 화요일부터 금요일까지는 12시 이후에 정상적인 부하가동이 시작되어 20시 까지 변동없이 계속 가동되는 것으로 나타났다.

일요일(휴무일)의 경우 완전 폐점으로 부하 가동이 거의 나타나지 않았으며, 월요일에는 정상적인 부하가동이 14시 이후에 발생하고 있었고, 주(週)중에서 가장 늦게 상점들이 개점하는 것으로 분석되었다.

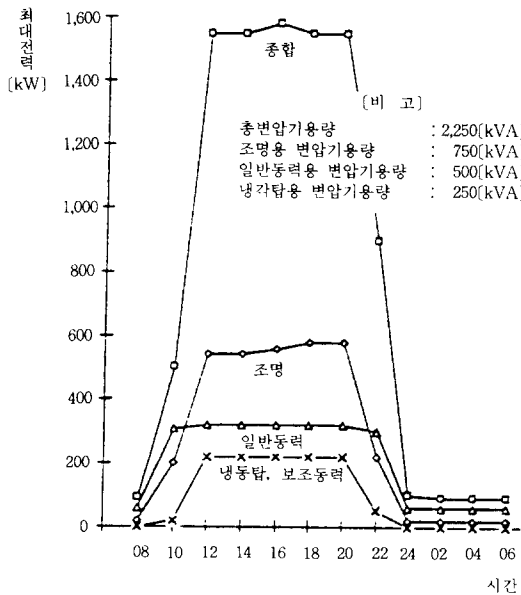


그림 1. 일 부하곡선
Fig. 1. Daily load curve

2.3 월 부하특성

그림 2는 N 지하상가(부산지역)의 월별 최대수요전력의 발생현황을 나타낸 것이다. 일반적으로 5월(빠른 경우에는 4월)부터 10월(늦은 경우에는 11월)까지 냉방기를 가동시키고 있음을 알 수 있고, 냉방기 계절동안의 최대수요전력은 중간기 계절과 난방기 계절보다 500~600[kW] 높게 최대수요전력이 발생되고 있었다.

또한 그림 3은 K 지하상가(서울지역)의 월별 최대수요전력의 발생현황을 나타낸 것이다. 대체

표 1. 주간 부하특성

Table 1. Weekly load characteristics

[단위 : A]

시간 월	07	10	12	14	16	18	20	22	24
6.12(일)	1.5	3.7	5.8	6.6	6.6	6.5	4.0	1.7	1.5
6.13(월)	1.5	3.8	9.8	21.8	22.0	22.0	22.0	2.0	1.5
6.14(화)	2.0	7.0	10.4	21.2	22.0	22.2	10.3	3.5	1.5
6.15(수)	2.0	8.0	10.0	22.2	22.0	22.4	10.4	4.2	1.4
6.16(목)	2.0	5.2	22.0	22.5	22.5	22.6	16.0	4.5	1.5
6.17(금)	1.5	6.0	22.8	22.6	22.5	22.5	10.4	5.0	1.5
6.18(토)	2.0	7.5	21.5	21.5	21.4	19.5	9.5	3.8	1.5
6.19(일)	2.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5

비고 : 1) 본 자료는 1995년도를 기준으로 실측함.

2) 사용전압은 22.9[kV], 변류비는 300/5[A]임.

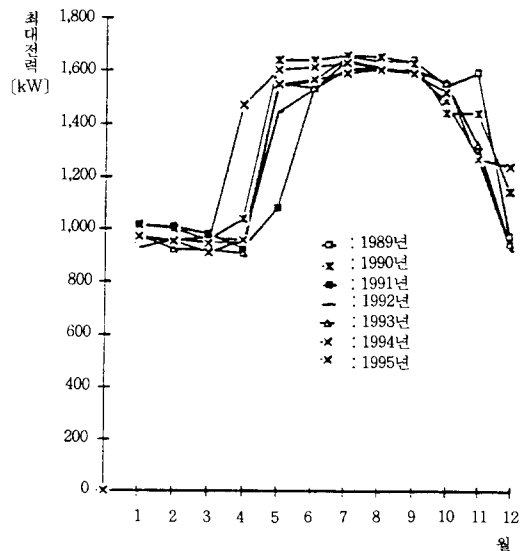


그림 2. 월 부하곡선
Fig. 2. Monthly load curve

로 6월부터 9월까지 냉방기를 가동시키고 있음을 알 수 있고, 냉방기 계절동안의 최대수요전력은 중간기 계절과 난방기 계절보다 400~500 [kW] 높게 최대수요전력이 발생되고 있었다.

이와같이 지역에 따라 다르지만, 지하공간의 특성상 냉방기 가동기간이 6개월에서 8개월 동안 계속되는 현상이 발생하게 됨으로써 이에 대응한 에너지 절약형 냉동기시스템의 채택이 요구된다.

3. 수용률 적용실태 및 기준(안)

3.1 수용률 적용실태

1) 변압기뱅크별 수용률

표 2는 N 지하상가에 있어서 1995년 7월에 발생한 최대전력의 실측자료를 기초로 하여 뱅크별, 부하종류별 수용률의 적용실태를 분석한 것이다. 전체 부하설비기에 대한 종합 수용률은 65[%]로 분석되었으며, 냉동기용 부하에 대한 수용률은 100[%], 냉각탑 및 보조펌프용 부하에 대한 수용률은 82.4[%], 일반동력용 부하에 대한 수용률은 44.7[%], 조명용 부하에 대한 수용률은 52.3[%]로 분석되었다.

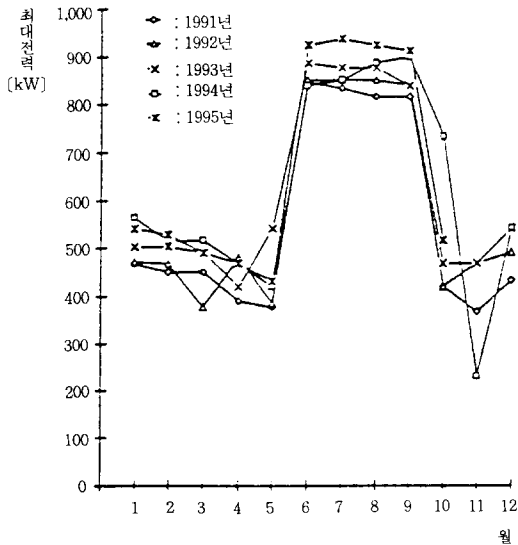


그림 3. 월 부하곡선
Fig. 3. Monthly load curve

2) 종합 수용률

표 3은 4개소 지하상가시설의 종합 수용률 적용실태를 나타낸 것이며, 평균 52.2[%]로 분석되었다. 전반적으로 설비이용면에서 비효율적으로 관리되고 있음이 지적되고 있다.

3) 전력수요 증가실태

표 4는 7개소 지하상가시설의 연간 최대수요전력을 나타낸 것이며, 조사 결과 91~95년 사이

표 2. 뱅크별, 부하종류별 수용률 적용실태
Table 2. Status of demand factor by loads and/or transformer banks

부 하 종 류	부하설비용량 (kW)	변압기 용량 (kVA)	최대수요전력 (kW)	수용률 (%)
냉 동 기	470	750	470	100
냉각탑 및 보조펌프용	267	250	220	82.4
일반동력용	737.8	500	330	44.7
-난방용	(94.3)			
-AHU	(313.5)			
-소방용	(154.2)			
-급배수용	(76.8)			
-정화조용	(47.4)			
-에스컬레이터용	(30.8)			
-분수대용	(20.8)			
조 명 용	약 1,071.4 [kVA]	750	560	52.3
전 체 용 량	2,546.2	2,250	1,658	65

비고 : 1) 종합 수용률에서 적용한 최대수요전력은 지하상가시설 준공이후 최대값을 기준으로 적용함.

2) 조명용 부하용량은 변압기 용량에 설계수용률 70%(내선규정 참조)를 적용하여 추정함.

표 3. 종합 수용률 적용실태

Table 3. Status of demand factor for total load capacities

지 하 상가명	부하설비 용량(kW)	변압기 용량(kVA)	최대수요 전력(kW)	수용률 [%]	냉동기 형식
N	2,546.2	2,250	1,658	65	터보식
L	2,669.7	1,900	1,159	43	흡수식
D	2,291.4	2,450	1,289	56.3	스크류식
K	1,786.1	1,500	936	52.4	터보식
평 균				52.2	

비고 : 종합 수용률에서 적용한 최대수요전력은 지하상가시설 준공이후 최대값을 기준으로 적용함.

의 5년간 최대전력은 평균 10.6[%], 85~95년 사이의 11년간 최대전력은 평균 22[%]가 증가한 것으로 분석되었다.

증가 요인으로는 상품연출용 조명기기의 보급과 더불어 밝고 분위기있는 지하상가 조명환경 조성으로 조명기기의 사용이 급증하고 있고, 아울러 조명열로 인한 냉방부하가 가중되어 냉방용 전력소비가 매년 증가되고 있는 것으로 분석된다.

또한 일부 지하상가에서는 가스기기의 사용 대신에 전기레인지기를 사용함으로써 일반 콘센트부하가 크게 증가하고 있는 것으로 분석되었다.

3.2 수용률 기준(안)

지하상가시설의 변전시설용량은 규모와 용도, 공조방식과 냉동기형식, 조명방식, 부하종류별 수용률, 장래의 수요증가율 등을 고려하여 계상되어야 하며, 특히 보다 정확한 부하종별 수용률과 장래의 수요증가율이 제시되어야 합리적인 변압기용량을 결정할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 국내 지하상가시설의 부하가동 특성과 전력사용 실태결과를 토대로 다음과 같이 수용률 기준

표 4. 연간 최대전력의 증가 분포

Table 4. The increasing distribution chart of yearly peak load

[단위 : kW]

지하상가명 년도	F	G	I	N	L	D	K
1985			657			996	
1986			657			1,008	
1987			657			1,044	
1988			680	1,637		1,104	
1989			681	1,654		1,080	
1990			690	1,658		1,170	
1991	1,968		700	1,643	1,050	1,260	846
1992	2,268	1,370	706	1,611	1,080	1,217	852
1993	2,304	1,272	727	1,607	1,084	1,267	888
1994	2,052	1,348	750	1,633	1,109	1,289	900
1995	2,592		760	1,604	1,159	1,278	936
5년간(91~95) 증가율 (%)	31.7		8.6	-2.4	10.4	1.4	10.6
11년간(85~95) 증가율 (%)			15.7			28.3	

(안)을 제시한다.

1) 관련 규정 및 연구기관의 기준(안) 검토

지하상가시설의 부하특성을 고려한 수용률, 부하밀도 등에 대하여 전기설비 기술기준 등 관련 규정에서 제시하고 있는 자료는 없으며, 국내의 실태를 파악한 자료도 전무한 실정이다.

내선규정에서 정하고 있는 수용률은 표 5와 같이 포괄적으로 정해져 있다. 그리고, 동력자원연구소의 보고서(KE86-16)에 의하면 표 6과 같이 수용률 적용없이 가장 크게 변화하는 1000[kW] 이하의 사무소용 건물과 1000[kW]이상의 사무소용 건물로 구분하여 수용률을 설정하고 있으며, 한국건설기술연구원의 보고서(건기연91-FE-112)에 의하면, 표 7과 같이 5~10년의 최대수요 전력 증가율을 감안, 상가없는 건물과 상가있는 건물로 구분하여 수용률 기준(안)을 제시하고 있다.

2) 수용률 기준(안)

(1) 일반적으로 지하공간 시설에서는 장래의 부하증가에 대비하여 20년 이상 예견하여 설계에 반영하는 것이 바람직하다. 지하상가시설의 조명 기준 향상과 부하종별 특성을 고려하여 5년간 최대수요전력의 평균 증가율은 10[%], 10년간 최대수요전력의 평균 증가율은 20[%]이상을 반영

표 5. 내선규정(205-8)에서 정하고 있는 수용률 기준

Table 5. Demand factor prescribing by indoor wiring regulation

건 축 물 의 종 류	수용률(%)
호텔, 병원, 주택, 기숙사, 여관, 창고	50
사무실, 은행, 학교	70

비고 : 전등 및 소형전기기계기구의 용량 합계가 10 [kVA]를 초과하는 것은 그 초과용량에 대하여 수용률을 적용할 수 있다.

표 6. 동력자원연구소의 수용률 설정기준(안)

Table 6. The proper standard of demand factor by KIER

부하설비용량	수용률 실태	수용률 기준(안)
1,000[kW] 이하	56.6%	65%
1,000[kW] 이상	48.2%	55%

하는 것이 바람직하다.

(2) 수용률은 부하종별 특성을 고려하여 냉동기 용 부하는 100[%], 냉동기 보조동력용 부하는 85~90[%], 일반동력용(난방용, 급수용, 소방용, 정화조용, 승강기용, 분수대용, 기타)부하는 55~60%, 조명용 부하는 65~70%를 적용하는 것이 적합하다고 판단된다.

(3) 수용률에 가장 큰 영향을 주는 요소는 공조 방식과 냉동기형식이다. 더욱이 지하상가시설의 특성상 6~8개월 동안 계속되는 냉동기 부하에 대한 효율적인 관리가 요구되며, 에너지절약형 냉동기시스템의 채택이 요청된다.

터보식냉동기(냉매가스를 전기모터로 회전 압축후 증발시 냉방)채택시, 1냉동톤당 1[kW] 정도의 부하용량과 부속동력용 부하용량을 계산하며, 흡수식냉동기(배열·증기를 이용한 흡수식 냉방)에서는 가스를 연료로 사용하기 때문에 부속동력용 부하용량만 계산한다. 따라서, 냉동기부하의 수용률은 100[%] 적용하여야 하며, 터보식으로 채택하는 경우에는 흡수식에 비하여 종합수용률은 15~20[%]이상 높게 고려한다.

4. 검토 및 결론

본 연구에서는 우리나라의 지하상가시설 특성

표 7. 한국건설기술연구원의 수용률 설정기준 (안)

Table 7. The proper standard of demand factor by KICT

구 분	수용률 실태 [%]	수용률 기준(안)(%)		비 고
		최대수요전 력 증가 여 유율 14%(5 년) 고려시	최대수요전 력 증가여유 율 35%(10 년) 고려시	
전체건물에 대한 평균	48.7			10층이상의 사 무용건물중에 서 빌딩자동화 시스템을 설치 하고, 냉동기 의 최적운전이 가능한 건물을 대상으로 함.
상가없는 건물	46.2	50	60	
상가있는 건물	50.2	55	65	
79년 이전 건물	52.1			
80~85년 사이의 건물	49.6			
86년 이후의 건물	45.4			

을 고려한 합리적인 수용률 기준(안) 설정을 위하여 지하상가시설의 부하특성과 전력사용실태를 중점적으로 분석하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 하절기 주간(週間)중의 일부하특성은 10시부터 부하가동이 증가하기 시작하여 12시~20시까지 최대전력을 계속 유지하고 있고, 1일중 최대수요전력은 16시경에 나타나는 것으로 분석되었다. 월부하특성은 지역과 계절에 따라 다소 다르지만, 4~5월에 냉방이 시작되어 10~11월까지 계속되며, 냉방기간이 대략 6~8개월 동안 지속되는 반면에 중간기 계절이 매우 짧고, 난방기 계절이 2~3개월 정도이다.

(2) 지하상가시설의 특성상 상시전력으로서는 조명용 부하가 대부분이고, 최대수요전력 발생에 가장 크게 영향을 주는 것은 냉동기부하인 것으로 나타났다.

(3) 실태 결과, 4개소 지하상가시설의 종합 수용률은 52.2[%]로 나타났으며, 전반적으로 설비 이용면에서 비효율적으로 관리되고 있음이 지적되고 있다. 부하종별 수용률 분석결과, N지하상가시설의 경우에 냉동기용 부하에 대한 수용률은 100[%], 냉각탑 및 보조펌프용 부하에 대한 수용률은 82.4[%], 일반동력용 부하에 대한 수용률은 44.7[%], 조명용 부하에 대한 수용률은 52.3[%]로 분석되었다.

(4) 1985년 이후 7개소 지하상가시설의 연간 최대수요전력 발생현황 조사결과, 91~95년 사이의 5년간 최대수요전력은 평균 10.6[%]가 증가한 것으로 분석되고, 85~95년 사이의 11년간 최대수요전력은 평균 22[%]가 증가한 것으로 분석되었다. 증가요인으로는 조명기준 향상과 신조명기기의 보급으로 조명용 전력이 가장 크게 급증된 것으로 지적되었다.

(5) 수용률은 장래의 수요 증가 및 부하종별 특성을 고려하여 냉동기용 부하는 100[%], 냉동기 보조동력용 부하는 85~90[%], 일반동력용(난방용, 급수용, 소방용, 정화조용, 승강기용, 분수대용, 기타)부하는 55~60%, 조명용 부하는 65~70%를 적용하는 것이 적합하다고 판단되었다.

참 고 문 헌

- 1) 김세동 외, 지하생활공간 개발 요소기술 연구(전원설비분야), 건기연 95-ME-1401, 1995.
- 2) 지철근 외, 건물의 수용률 및 부등률 기준설정에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 4, No. 1, 1991.
- 3) 大仙 慶司, 自家用受變電設備の受電設備容量, 電氣と工事, No. 3, 1996.
- 4) 山崎 武志, 山崎地下街アゼリアの電氣設備と防災對策, 建築防災, No. 4, 1987.
- 5) 渡部餘四郎, 地下建築物のデザイン手法, 丸善(株), 1986.
- 6) 八木幸二, 地下空間のデイトール, デイトール 95 冬季號, 1988.
- 7) 王置正和, 地下空間利用ガイドブック, 清文社, 1994.
- 8) 吉田君夫, 名古屋セントラルパーク地下街の建築と設備, 建築設備, 1989.
- 9) 地下空間利用研究グループ, 地下都市, 清文社, 1989.
- 10) Raymond L. Sterling, John Carmody, Underground Space Design, Van Nostrand Reinhold, 1993.
- 11) Jonathan D.Sime, Safety in the Built Environment, London New York, 1989.
- 12) John Carmody, Design for People in Underground Facilities, Van Nostrand Reinhold, 1993.

◇ 著 者 紹 介 ◇



김 세 동(金世東)

1956年 3月 3日生. 1980年 漢陽大學 校 電氣工學科 卒. 1986年 同大學院 卒. 1995年~現在 서울시立大 電子 工學科 博士課程. 韓國電力公社 (1980~1984) 勤務. 現在 韓國建設技術研究院 機電研究室 前任研究員, 技術士, 當學會 編修委員.