

엔트로피에 의한 공동주택의 급수사용량에 관한 연구

A Study on the Amount of Supply Water Consumption by Entropy in APT

안 창 환* 공 성 훈** 김 종 영***
Ahn, Chang-Hwan Kong, Song-Hoon, Kim, Jong-Young

Abstract

The purpose of this study was to analyze water consumption in each apartment buildings influenced by several factors that are the income level of inhabitants, life style, the area apartments and climate. The automation of sanitary machines or facilities in recently built apartments has caused largely increases in amount of water consumption. Therefore, the design for water supply is very important for the maintenance of the optimum level or pressure of water supply. This study is based on the offer of basic data for improving the quality of water supply and employing the sanitary machines or sanitary facilities by analysis of amount increased of water consumption rapidly.

Amount of water consumption data, the change in quality of entropy to the supply water pipe was analyzed and presented to indicate the necessary to basic materials for the design of an optimal water pipe.

I. 서 론

1970년대 오일 쇼크이후 인구의 도시집중으로 인한 도시 지가의 폭등은 건축물의 형태가 고층화되고, 주거형태도 단독주택에서 고층아파트로 변화가 이루어 졌다. 이 같은 건축문화의 변화로 인해 건축물 내부의 환경에 대한 요구도의 상승과 더불어 높아지고 있으며, 이에 대응하기 위해 건축설비의 기술도 비약적인 발전을 계속하고 있다.

이와 같은 발전된 설비 기술에 대한 요구는 특정한 건물에 국한되지 않고, 모든 분야의 건물로 확대·심화되고 있는 실정이다.

건축물에 있어서 급수설비는 주거자가 필요로 하는 충분한 양과 적절한 수압으로 물을 공급해 주기 위한 설비이며, 적절한 급수설비 설계를 위한 관련 기기의 용량 및 배관설계 산정은 중요한 설계 기준이 된다.

한편, 최근 위생기구의 자동화와 공동주택의 난방방식이 중앙난방에서 개별난방으로 변화되면서 건축물에서 적정 급수압을 유지해야 하나, 기존의 고가수조 급수방식에서는 일정한 급수압을 유지하기가 어려운 실정이다.

이러한 상황에서 급수사용량을 엔트로피의 변화량으로 정확히 분석하여 공동주택에서 급수환경을 변화를 보다 정확히 해석하고자 한다.

본 연구에서는 공동주택에서 급수사용량을 조사하여 각종인자에 따른 사용수량을 분석하고, 또한 급수사용량을 엔트로피로 분석하여 급수설계에 필요한 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

* 본 연구는 계명대학교 부설연구소 연구기금(1996년도)으로 이루어 졌음.

**정희원, 대구공업대학 건축설비과 조교수, 공학박사

***정희원, 계명대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

***정희원, 계명대학교 건축공학과 조교, 공학박사

II. 이론적 배경

1. 급수량 산정 방법¹⁾

일반적으로 건축물의 급수량 산정은 건축물의 용도, 규모 등 그 건축물이 갖는 특성에 따라 산정방법이 다를 수 있다.

건축물에서의 급수량 산정은 크게 3가지로 나눌 수 있으며, 인원에 의한 방법, 면적에 의한 방법, 위생기구수에 의한 방법이다.

인원에 의한 방법은 사용인원에 1인 1일 사용수량을 곱한 것으로 급수량을 용이하게 추정할 수 있으나, 사용인원이 정확하지 않을 경우는 불가능하다.

사용인원이 불분명할 때에는 건축물의 연면적에 의하여 추정할 수 있다. 이 방법은 건축물의 연면적에 유효면적비를 곱하여 유효면적을 구한 다음 여기에 유효면적당 인원을 곱하여 인원수를 산출한다. 건축물의 유효면적은 건축물의 연면적에서 복도, 계단, 기계실, 변소 창고 등의 면적을 제외한 것을 말한다.

위생기구수에 의한 방법은 건축물에 설치되는 위생기구를 가지고 산정하는 방법으로 위생기구의 사용수량은 위생기구의 종류, 압력, 이용실태 등에 따라 다르나 일정한 압력을 유지하고 사용횟수가 정확할 때에 의하여 산출이 가능하다. 그러나 실제로 시간당 위생기구의 사용회수를 정확히 파악하기는 불가능하다. 이로 인하여 위생기구별 1일 급수량을 이용하여 급수량을 산출하는데 각 위생기구의 사용수량 합에 기구 동시 사용율을 곱하여 산출한다.

다음에 1일 급수량을 산정하는 (1), (2), (3)식을 나타낸다.

① 인원에 의한 방법

$$Q_{\text{day}} = N \cdot q \quad [\ell / \text{day}] \quad (1)$$

여기서,

N : 사용자수[인]

q : 1인 1일 급수량[ℓ/인·day]

② 면적에 의한 방법

$$Q_{\text{day}} = k \cdot A_0 \cdot n \cdot q \quad [\ell / \text{day}] \quad (2)$$

여기서,

k : 유효면적비[%]

A₀ : 연면적[m²]

n : 유효면적당인원[인/m²]

q : 1인 1일 급수량[ℓ/인·day]

③ 위생기구수에 의한 방법 (3)

$$Q_{\text{day}} = p \cdot \sum q' \cdot f \quad [\ell / \text{day}]$$

여기서,

p : 기구동시사용율[%]

q' : 위생기구별 1일 급수량[ℓ/day]

f : 위생기구수[개]

건축물에서 사용되는 급수량은 일반적으로 위에서 기술한 방법으로 구한 급수량과 냉방설비가 있는 건축물의 경우 냉각수량과 복합수량 그리고 소방설비가 있는 건축물의 경우 소방용수를 포함하여 1일급수량을 산출한다.

냉각탑의 냉각수량은 일반적으로 8~15[ℓ/min·USRT]이며, 냉각탑의 보급수량은 2%정도이다. 다음은 냉각탑 보급수량을 산출하는 (4)식이다.

$$Q_c [\ell / \text{min}] = RT \cdot 8 \sim 15 \cdot 0.02 \quad (4)$$

여기서,

Q_c : 냉각탑보급수량[ℓ/min]

RT : 냉동기용량[미냉동톤]

2. 엔트로피이론

엔트로피는 열역학 제 2법칙의 표현을 수학적으로 하기 위하여 새로운 물리량을 도입한 것이다. 물질의 물리량을 압력, 온도, 체적 등으로 표현하는 것은 우리의 감각이나 시각으로써 물리량을 양적으로 비교 측정할 수 있으나, 어떤 변화에 대한 새로운 물리량인 엔트로피개념의 도입은 물질의 변화의 방향, 변화량, 효과, 변화의 가능성 등을 예측할 수 있고 정량적으로 해석할 수 있다. 엔트로피는 어떤 과정에서 계에 전달되는 미소열량 dQ를 그 때의 절대온도 T

로 나눈 양을 엔트로피 dS 로 나타낸다. 다음은 온도변화에 대한 엔트로피를 나타내는 (5)식이다.

$$dS = \frac{dQ}{T}, \quad \Delta S = \int \frac{dQ}{T} \quad (5)$$

여기서, S 는 엔트로피를 나타낸다. 물질 1 kg에 대한 비엔트로피 [$J/kg \cdot K$]를 s 로 나타내며, 물질 G kg에 대한 엔트로피는 $S = G \cdot s$ [J/K]로 나타낼 수 있다.

엔트로피의 변화량은 등온변화, 등압변화, 등적변화, 단열변화, Polytropic변화로 해석할 수 있다.

등온변화는 온도 T 가 일정한 상태에서의 엔트로피를 나타내는 것으로 구간 1에서 구간 2의 엔트로피 변화량은 (6)식에 (7)식을 대입하면 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} = \frac{1}{T} \int_1^2 dq \quad (6)$$

$$q_{12} = ART \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (7)$$

$$s_2 - s_1 = AR \ln \frac{v_2}{v_1} = AR \ln \frac{p_1}{p_2} \quad [J/kg \cdot K] \quad (8)$$

여기서, A : 일당량 [$J/kg \cdot m$]

R : 가스정수 [$kg \cdot m/kg \cdot K$]이다.

등압변화는 (9)식으로 표현되므로 (10)식과 같이 나타낸다.

$$dq = C_p dT \quad (9)$$

$$\begin{aligned} s_2 - s_1 &= \int_1^2 \frac{dq}{T} = \int_1^2 C_p \frac{dT}{T} = C_p \int_1^2 \frac{dT}{T} \\ &= C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = C_p \ln \frac{v_2}{v_1} \quad [J/kg \cdot K] \end{aligned} \quad (10)$$

여기서, C_p : 정압비열이다

등적변화는 (11)식으로 표현되므로 (12)식과 같이 나타낸다.

$$dq = C_v dT \quad (11)$$

$$\begin{aligned} s_2 - s_1 &= \int_1^2 \frac{dq}{T} = \int_1^2 C_v \frac{dT}{T} = C_v \int_1^2 \frac{dT}{T} \\ &= C_v \ln \frac{T_2}{T_1} = C_v \ln \frac{p_2}{p_1} \quad [J/kg \cdot K] \end{aligned}$$

(12)

여기서, C_v : 정적비열이다.

단열변화는 $dq = 0$ 이므로 (13)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} = 0 \quad (13)$$

즉, $s_2 = s_1$ 이다.

Polytropic 변화는 (14)식에서 (15)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$dq = C_n dT \quad (14)$$

$$\begin{aligned} s_2 - s_1 &= \int_1^2 \frac{dq}{T} = \int_1^2 C_n \frac{dT}{T} = C_n \ln \frac{T_2}{T_1} \\ &[J/kg \cdot K] \end{aligned} \quad (15)$$

여기서, C_n : Polytropic비열이다.

사용수량을 엔트로피로 해석하기 위하여 급수관을 통하여 사용된 물의 양은 연속방정식에서 유입되는 양과 유출되는 양이 동일하다면 질량유동률은 (16)식으로 나타낼 수 있다. 이 질량유동률과 엔트로피의 정온해석식¹⁶⁾에 의하여 해석한다.

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \rho Q \\ &[kg/sec] \end{aligned} \quad (16)$$

여기서,

\dot{m} : 질량유동률 [kg/sec]

ρ : 물의 밀도 [kg/m^3]

이 논문에서는 (8)식과 (16)식을 사용하여 급수사용량을 엔트로피로 분석하였다.

III. 조 사

1. 조사 개요

아파트의 사용수량을 분석하기 위하여 대구광역시 달서구에 위치한 P아파트단지 73세대를 대상으로 하였다.

조사 대상 아파트의 난방방식은 개별난방이다. 위생기구수는 33평형, 50평형에서 동일하게 세면기 1개, 부엌수전, 욕조 2개, 대변기 2개, 일

반수전 2개가 설치되어 있다. 그림1은 조사 대상 아파트의 급수 계통도를 나타낸 것으로 고가수조방식을 택하고 있다.

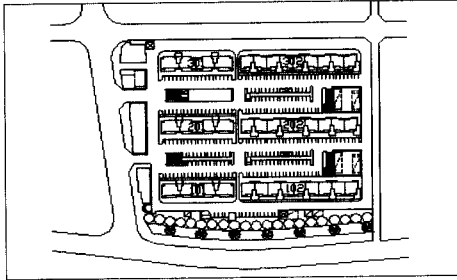


그림 1. 조사 대상 아파트의 배치도

표 2. 조사 대상 아파트 개요

지역	종류	평형				전용면적(m ²)	평균 거주인원	전용면적당 거주인(인/m ²)
		평형	동수	층수	세대수			
대 구		33	405	15	45	85	3.8	0.045
		50	174	14	28	135	4.6	0.034

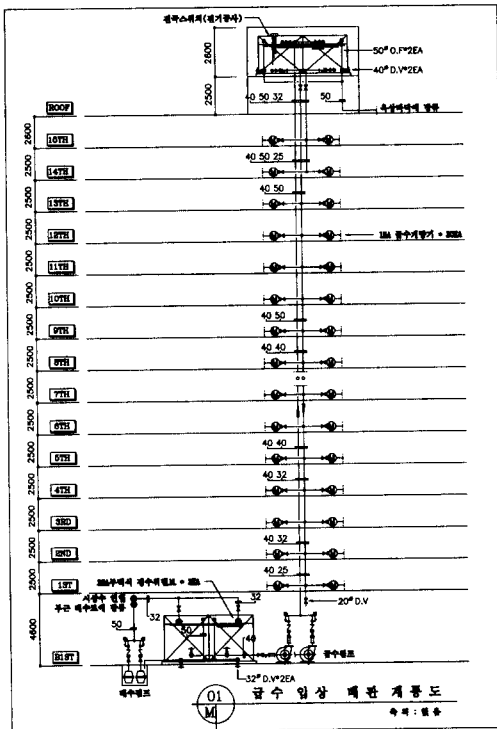


그림 2. 조사 대상 아파트의 급수계통도

또한, 표1에는 아파트의 층수 세대수 등의 조사 개요를 나타내고 있다. 그림1은 조사 대상 아파트의 배치도이며, 그림2는 조사대상아파트의 급수계통도이다.

2. 조사방법 및 내용

조사대상의 아파트 급수 사용량은 1998년 6월 1일부터 8월 31일까지 하절기 3개월 동안 일일 급수량을 동일시간에 방문하여 수도계량기를 검침 조사하였다.

또한, 설문 조사를 통해 세대별 거주인원수, 전용면적, 위생기구수, 물사용패턴, 세탁기용량, 식음료형태 등을 조사하였다.

IV. 조사결과 및 분석

1. 월별 급수사용량

조사 대상 아파트의 각 세대별 월 급수사용수량은 33평형의 경우 6월에 21.9[m³/month · family]이었고, 7, 8월에는 24.1[m³/month · family]로 나타났다.

50평형의 경우 24.5[m³/month · family], 7월에는 31.0[m³/month · family]이었다.

8월에는 29.5[m³/month · family]로 평균 4.9[m³/month · family] 정도가 50평형이 많이 사용한 것으로 나타났다. 특히 7월의 경우 50평형과 33평형의 사용수량은 6.9[m³/month · family]의 차이를 나타내고 있다.

그림3은 33평형의 월별 · 세대별 하절기 물 사용량을 3개 층의 존으로 나누어 나타내는 것으로 하부 층으로 갈수록 물 사용량이 증가하는 추세를 나타내고 있다. 이것은 수압에 따른 영향으로 사료된다.

1~3층과 13~15층과의 차이는 월별 · 세대별로 5.8~6.7[m³/month · family] 정도로 나타났다.

그림4은 50평형의 하절기 급수 사용량을 존별로 나타낸 것이다. 월별 · 세대별 평균 사용량이 21.5~34.5[m³/month · family]으로 나타났으며, 최대 1~3층 존으로 34.5[m³/month · family]이었다.

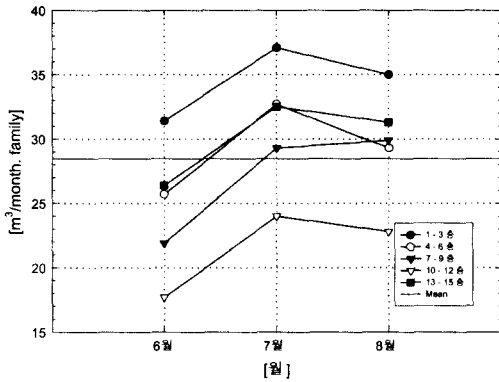


그림 3. 월별 평균 사용수량(33평형)

그러나 조사대상 아파트의 50평형에서 13~15층의 존에서 물 사용량이 30.1[m³/month · family]으로 많이 사용하는 것으로 나타났는데, 이는 설문지를 통한 조사결과 일일 목욕횟수 항목에서 전체 평균횟수 3.75회보다 상회하는 4.5회로 나타났고, 일일 세탁횟수 항목에서도 평균 횟수 0.71회를 상회하는 1.25회로 나타났다. 따라서 조사대상 아파트에서 13~15층에 거주자의 물 사용 패턴이 다른 층에 비해 많이 사용하는 것이 다음과 같은 결과에 영향을 미친 것으로 사료된다.

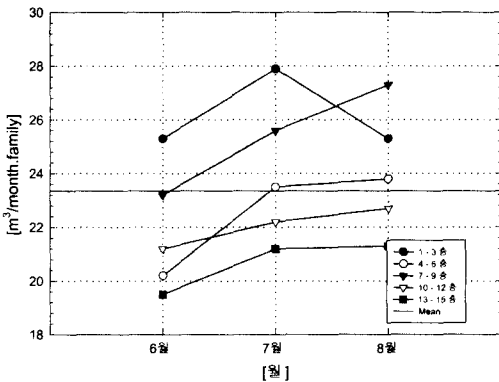


그림 4. 월별 평균 사용수량(50평형)

2. 요일별 급수사용량

그림5는 요일별 평균 급수사용량을 나타내는 것으로 50평형과 33평형의 값이 각각 0.923[m³/day · family], 0.774[m³/day · family]로 나타났다.

월요일의 사용수량이 요일 중에서 가장 높게 나타났으며, 그때의 값은 각각 50평형과 33평형이 0.96[m³/day · family], 0.85[m³/day · family]로 나타났다. 일요일에 외출 등으로 인하여 월요일에 가사 일을 집중적으로 하기 때문으로 판단된다.

33평형의 경우 급수사용량이 하루 건너씩 증가하고 감소하는 현상을 보이고 있었다. 이는 세탁을 모아서 하기 때문으로 판단된다. 그러나 50평형의 경우 급수사용량의 변화가 거의 일정한 것으로 나타났다. 이는 33평형보다 생활수준 및 의식수준이 높기 때문으로 사료된다.

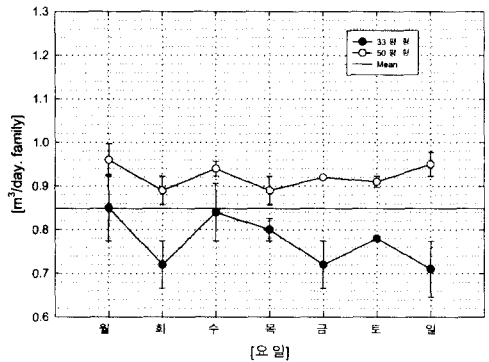


그림 5. 세대별 요일 사용수량

3. 층별 급수사용량

그림6은 조사 대상 아파트의 33평형, 50평형에 한 층별 일일 물 사용량을 나타낸 것이다.

33평형의 경우 0.52~1.08[m³/day · family], 평균 0.76[m³/day · family]으로 나타났고, 50평형의 경우 0.64~1.31[m³/day · family], 평균 0.92[m³/day · family] 정도로 나타내고 있다. 또한 50평형이 평균 0.16[m³/day · family] 정도 많이 사용하는 것으로 나타났다.

층별 급수사용량은 대체적으로 아래층으로 내려올수록 급수량이 증가하는 것으로 나타났으며 이는 급수압력이 증가하기 때문으로 판단된다.

2층에서 급수사용량이 50평형과 33평형에서 최대로 1.26[m³/day · family], 1.08[m³/day · family]로 나타났다. 1층보다 오히려 2층에서 높게 나타난 것은 1층 세대의 경우 수전을 인위적으로 압력을 조절하여 사용하는 세대가 많았다.

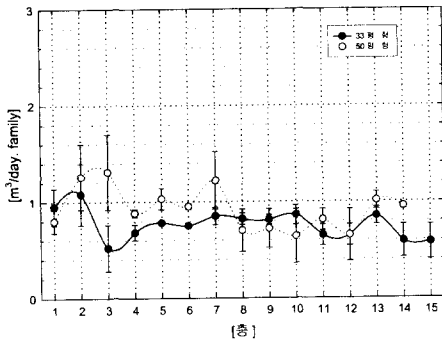


그림 6. 층별 평균 사용수량

그림7은 조사대상 아파트의 각 존별 단일 세대당 일일 평균 사용수량을 나타낸 것이다. 전체적으로 상층부에 비해 하층부의 물 사용수량이 많은 것으로 나타나고 있다. 한편, 50평형의 경우 13~15층에서 높게 나타난 것은 이 존에서 일일 목욕횟수와 일일 세탁횟수가 조사 대상 아파트의 다른 존에 비해 많이 사용하는 것으로 분석되었다.

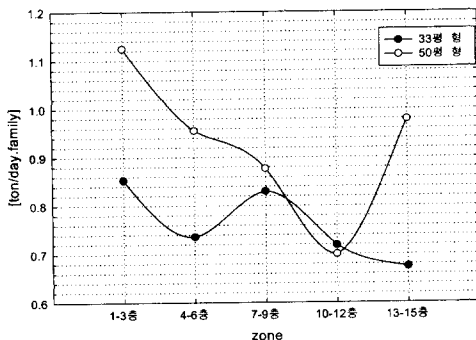


그림 7. 세대당 일일 평균 사용수량

4. 이론적 급수량과 사용량의 비교 분석

본 연구에서는 조사 대상 아파트의 급수사용량 자료의 분석결과를 토대로 아파트의 전용면적별 평균 거주인원수와 전용면적별 1인 평균 1일 급수량을 분석하였다.

표 2는 조사 대상 아파트의 1세대 1일 실제 급수사용량과 2절에서 설명한 기존의 예상급수량 산정방법에 의한 결과를 비교하고 있다.

표 2에서 인원수에 의한 방법은 (1)식을 사용하였다. 기구수에 의한 방법은 (3)식을 사용하여 실제 설치되어 있는 33평형, 50평형 각각 8개의 기구를 근거하여, 기구 동시 사용율은 표 4를 통해 70[%]로 하여 산출하였다. 전용면적에 의한 방법은 (2)식을 사용하여 연면적과 유효면적의 비를 48[%]로 하고 유효면적당 인원수를 0.16[capita/m²], 1인 1일당 급수량은 200[l/capita · day]으로 산출하였다.

표 2에 나타난 것처럼 기존에 사용되고 있는 산정 방법들은 실제 사용수량과 많은 차이를 보이고 있다. 전용면적에 의한 방법은 33평형, 50평형 모두 과대 설계되어 있으며, 특히 전용면적이 클수록 그 차이가 매우 커짐을 알 수 있다.

표 3. 조사 대상 아파트 급수량 내역

종류 지역	평형	전용 면적 (m ²)	(1)식 [ℓ/day]	(2)식 [ℓ/day]	(3)식 [ℓ/day]	실제사 용수량 [ℓ/day]
대 구	33	85	950	1,305	1,675	760
	50	135	1,150	2,073	1,675	920

기구 수에 의한 산정방법은 실제 사용수량과 비교해 볼 때 역시 과대 설계되어 있으며, 이는 각 세대에 설치된 설치기구의 1회 사용수량과 1일 사용횟수의 정확한 자료가 요구됨을 알 수 있다. 인원수에 의한 산정방법 또한 전용면적이 클수록 차이가 커지는 것으로 나타나고 있다.

인원수에 의한 산정 방법과 면적에 의한 방법에서 사용되는 1인 1일당 급수량과 실제 사용수량을 비교 분석하면 유사하게 나타났다.

그림8은 조사 대상 아파트의 1인 1일 물 사용량을 나타낸 것이다. 2절의 표 1에 제시된 자료에서 1인 1일당 급수량은 160~250[ℓ/capita·day]으로 나타나 있다. 실제 사용 수량은 전체 분포 범위에서도 이론적 자료의 범위를 대부분 만족시키고 있고, 평균 사용량도 201[ℓ/capita·day]정도로 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다.

그림9는 조사 대상 아파트의 단위 면적당 평균 거주인원과 평균 물 사용량을 나타낸 것이다. 전용 면적당 거주인원에서 실제 33평형의 경우 0.045[capita/m²], 50평형의 경우 0.034[capita/m²]로 나타났다. 면적에 의한 산정 방법에서 유효면적당 인원(n)의 경우 2절에서 제시된 기존의 자료에서는 0.16[capita/m²]으로 실제 평균 거주인원의 약 4~5배정도 과대 설계되어 있는 것을 알 수 있다.

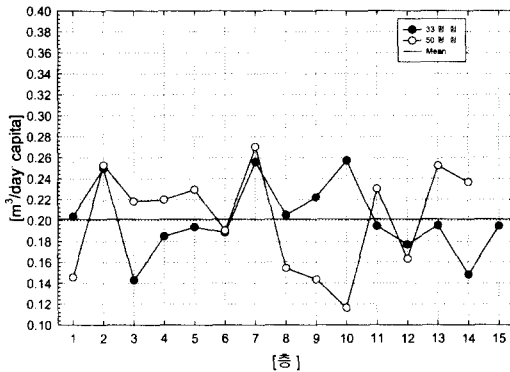


그림 8. 1인 1일 평균 사용수량

따라서, 거주인원수의 예측방법이 합리적이지 못함을 알 수 있다. 특히 전용면적이 큰 아파트일수록 거주 인원수가 크게 산정 되어 예상 급수량이 과대 설계 될 수 있음을 알 수 있다.

실제 급수 사용량과 면적에 의한 방법을 비교해 보면 실제 33평형의 경우 760 [ℓ/day], 50평형의 경우 920 [ℓ/day]으로 나타난 반면, 기존의 산정 방법에서는 33평형의 경우 1,305 [ℓ/day], 50평형의 경우 2,073 [ℓ/day]으로

각 1.7배, 2.3배로 과대 설계되어 있다.

그림9에 나타나 있는 것과 같이 전용면적이 커질수록 실제 급수량도 증가하지만, 전용면적당 일일 급수량은 감소하는 것으로 나타났다.

그림10은 각 존별 수압을 나타낸 것이다. 전체적으로 보면 '수압이 세다'가 34.2%, '보통이다'가 47.9%, '약하다'가 16.4%, '아주 약하다'가 1.4%로 나타났다. 존별로 살펴보면 상부층으로 갈수록 만족도가 떨어지는 것으로 나타났다. 1~3층의 경우 '수압이 세다'가 66.7%, 13~15층의 경우 '아주 약하다'가 53.8%로 상반된 결과를 나타내고 있다.

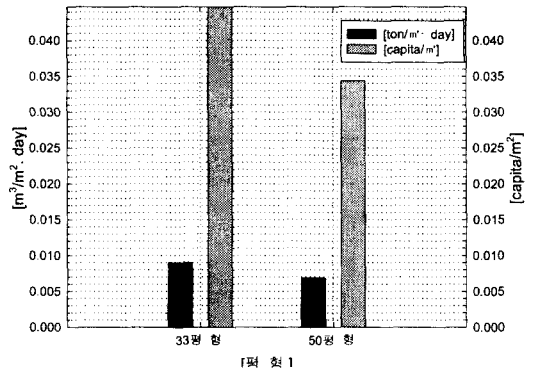


그림 9. 면적당 평균 거주인원과 평균 물 사용량

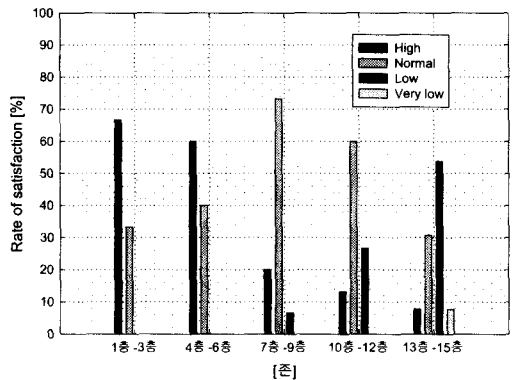


그림 10. 수압 만족도

5. 사용수량과 엔트로피

엔트로피의 해석을 위하여 물의 비중은 4℃로

하였으며, 압력수두는 고가수조의 수면에서부터 수직거리로 하였다. 그리고 위생기구의 필요압력은 $0.7 [kg/cm^2]$ 으로 하였다.

그림11은 사용수량에 따른 엔트로피를 나타낸 것으로 일반적으로 아래층으로 내려가면서 엔트로피는 증가하는 것으로 나타났다. 특히 사용량은 50평형의 경우 상층부에서 높게 나타났으나 엔트로피의 경우 상층부에서 하층부로 갈수록 압력의 영향으로 증가하는 것으로 나타났다. 특히 중간층에서 엔트로피가 일정하게 나타나고 있었다.

2층과 저층부에서 사용수량에서 보다 엔트로피 값이 더욱 크게 나타난 것은 압력에너지의 변화폭의 증가 크기 때문으로 판단된다.

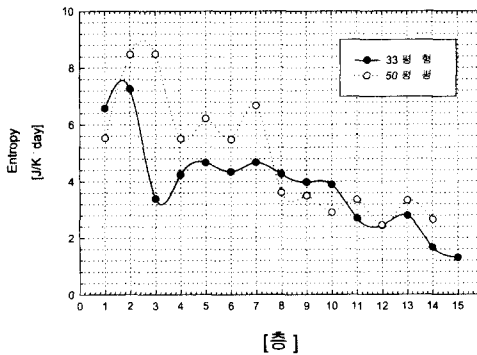


그림 11. 사용수량에 따른 엔트로피

6. 층별 엔트로피

조사 대상 아파트의 층별 엔트로피를 분석한 결과 그림12에서 50평형의 경우 평균 엔트로피는 $0.03 [J/K]$ 이었다. 2층과 3층에서 엔트로피가 높게 나타났고, 특히 3층에서 $0.063 [J/K]$ 로 가장 높게 나타났다. 가장 낮은 층은 12층으로 $0.018 [J/K]$ 로 나타났다. 50평형의 층별 엔트로피 차는 3.48배로 높게 나타났다. 이는 사용수량의 경우 3층에서 최대로 평균 $0.010 [t/m^2 \cdot day \cdot family]$, 10층에서 최소로 평균 $0.005 [t/m^2 \cdot day \cdot family]$ 로 2.04배의 편차를

보이고 있었다. 급수환경에 영향을 미치는 급수 압력에너지의 증가로 상부층과 하부층에서 많은 영향을 미치고 있었다.엔트로피의 변화가 4층에서 7층의 경우 $0.041 [J/K]$ 에서 $0.049 [J/K]$ 범위에서 변화하고 있었으며, 8층에서 14층은 $0.027 [J/K]$ 에서 $0.020 [J/K]$ 의 범위에서 적게 변화는 하는 것으로 나타나 급수환경이 상대적으로 좋은 것으로 나타났다.

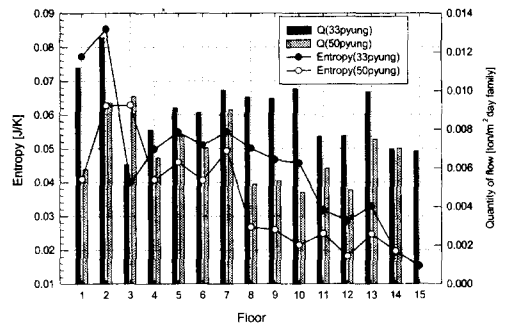


그림12. 층별 단위면적당 일일 엔트로피

그림12에서 33평형의 엔트로피를 분석한 결과 평균 엔트로피는 $0.04 [J/K]$ 이었다. 엔트로피가 가장 높게 나타난 층은 2층에서 $0.085 [J/K]$ 이었다

가장 낮게 나타난 층은 최상부층에서 $0.015 [J/K]$ 로 나타났다. 엔트로피의 최대치와 최소치의 차는 $0.070 [J/K]$ 로 5.58배에 이르는 것으로 나타났다.

사용수량의 경우 2층에서 최대 $0.013 [t/m^2 \cdot day \cdot family]$ 이었고, 최소 3층에서 $0.006 [t/m^2 \cdot day \cdot family]$ 으로 나타났다.

사용수량의 차가 $0.007 [t/m^2 \cdot day \cdot family]$ 으로 약 2.08배로 나타났다. 특히, 3층의 경우 사용수량이 가장 적게 나타났으나, 엔트로피는 $0.040 [J/K]$ 로 나타나 이는 조사 대상 아파트의 층 중에서 가장 급수환경이 나쁜 것으로 판단된다.

33평형의 경우 3층에서 10층의 엔트로피 분

포가 0.040[J/K]에서 0.046[J/K]에서 적게 변화하고 있었다. 이는 쾌적한 급수환경의 범위가 50평형보다 넓은 것으로 나타났다.

표 3은 층별엔트로피의 상관관계를 나타낸 것이다. 결정계수는 50평형, 33평형에서 각각 0.75, 0.71로 나타났다.

표 4. 층별 엔트로피 상관관계

구분	50평형	33평형
상관식	$Y = -0.3149x + 6.3917$	$Y = -0.3149x + 6.3917$
결정계수	0.75	0.71

그림13과 그림14는 50평형과 33평형의 층별 엔트로피의 상관도를 나타낸 것으로 33평형의 경우가 중간층에서 엔트로피의 변화가 적은 것으로 나타났다.

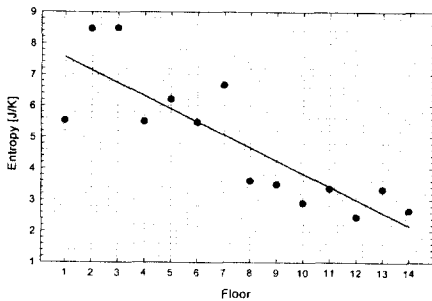


그림 5-13. 층별 엔트로피 상관도(50평형)

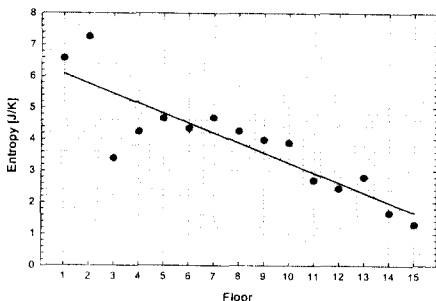


그림 14. 층별 엔트로피 상관도(33평형)

이는 고층아파트의 급수환경이 압력에너지에 많은 영향을 받고 있기 때문이며, 엔트로피의

변화폭이 최상부층과 최하부층에서 많은 차이를 보이고 있었다. 이로 인하여 최하부층의 경우 거주민의 의사와 관계없이 급수사용량이 증가하는 원인이 되기도 한다.

7. 일일별 엔트로피

[그림5-5]은 일일 엔트로피변화량을 나타낸 것으로, 조사대상기간 일일 평균 엔트로피는 50평형의 경우 4.86[J/K]이었으며, 33평형의 경우 3.87[J/K]로 나타났다. 2층에서 50평형과 33평형 공히 일일 엔트로피가 높게 나타났으며, 이는 1층의 경우 대부분의 세대에서 압력을 조절하고 있었기 때문이며, 2층의 경우 오히려 압력 에너지가 크게 나타났다.

특히, 엔트로피의 분포가 50평형보다 33평형에서 고르게 나타난 것은 급수사용량이 균등하게 분포하고 있기 때문이며, 50평형의 경우 세대별 급수사용량의 차이가 크기 때문이다.

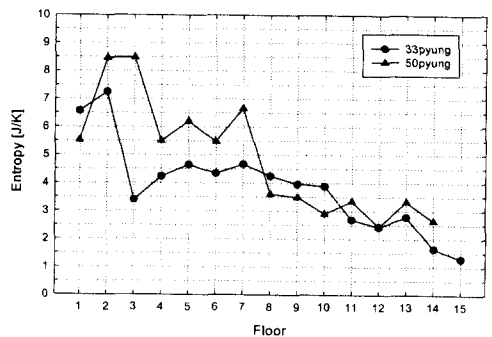


그림 5-15. 일일 엔트로피 변화

8. 주간별 엔트로피

그림16은 조사 대상 아파트의 주간별 엔트로피의 분포를 나타낸 것으로 평균 50평형이 34.04[J/K]이었으며, 33평형의 경우 27.10[J/K]로 나타났으며, 50평형보다 7.3[J/K]가 낮은 것으로 나타났다.

주간별 엔트로피의 최대값은 50평형과 33평형에서 2층으로 59.25[J/K], 50.77[J/K]로 차

이가 8.48[J/K]이었다. 최소값은 평형별 최상부 층으로 나타났으며, 50평형의 경우 18.53[J/K], 33평형의 경우 9.08[J/K]이었다. 평형별 최소값의 차이는 9.45[J/K]로 오히려 최대값의 차보다 크게 나타났다. 이는 급수 사용량과 압력에 너지로 인하여 엔트로피의 차이가 발생하는 것으로 판단된다.

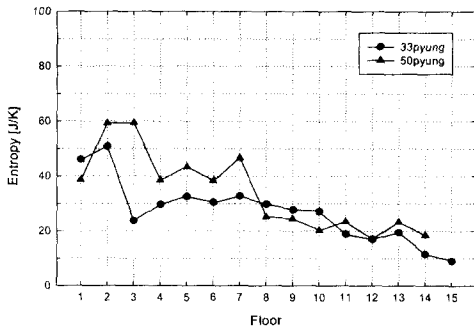


그림 16. 주간별 엔트로피

9. 월별 엔트로피

그림17은 월평균 엔트로피의 변화를 나타낸 것으로 월평균 엔트로피는 33평형에서 6월에 21.876[J/K], 7월에 24.087[J/K], 8월에 24.1[J/K]로 나타났다. 50평형의 경우 6월에 24.457[J/K], 7월에 31.014[J/K], 8월에 29.532[J/K]로 나타났다.

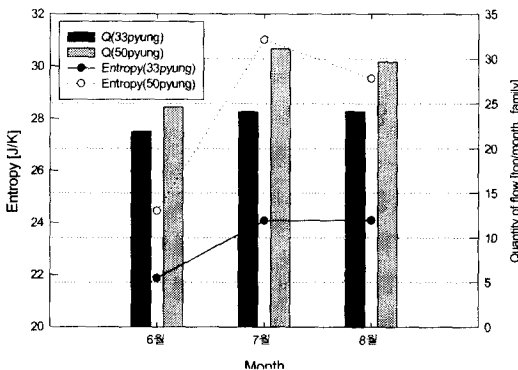


그림 17. 월별 엔트로피

10. 요일별 엔트로피

그림18은 요일별 엔트로피는 50평형의 경우 월요일에 5.062[J/K]로 가장 높았고 화요일에 4.607[J/K]로 가장 낮게 나타났다. 평균 엔트로피는 4.860[J/K]으로 나타났다. 급수사용수량의 경우 월요일에 0.96[t/day · family]으로 가장 많이 사용하는 것으로 나타났고, 화요일에 0.870[t/day · family]로 가장 낮게 나타났다. 33평형의 엔트로피는 월요일에 4.209[J/K]으로 나타났고, 토요일에 3.765[J/K]로 나타났으며, 평균 엔트로피는 3.870[J/K]로 나타났다. 급수 사용수량의 경우 월요일에 0.810[t/day · family]로 가장 높게 나타났고, 금요일에 0.742[t/day · family]로 가장 낮게 나타났다.

50평형과 33평형의 엔트로피 차는 0.99[J/K] 이었고, 급수사용량의 차는 0.160[t/day · family] 이었다.

요일별 엔트로피를 분석한 결과 엔트로피의 변화 폭이 보다 명확하게 나타났다. 33평형의 경우 엔트로피의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 33평형의 경우 세대에서 물을 일정한 사용하게 사용하기 때문으로 판단된다.

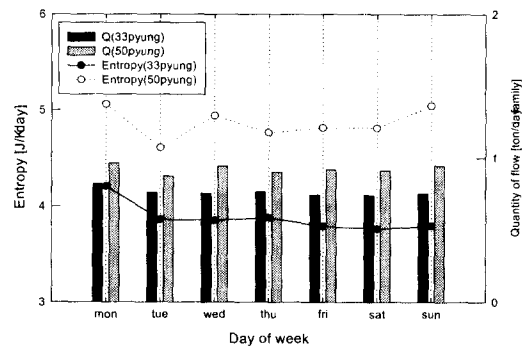


그림 18. 요일별 엔트로피

55평형의 경우 격일로 물을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 55평형과 33평형에서 일요일 보다 월요일에 물을 많이 사용하는 것으로

나타났다

그림19과 그림20은 50평형과 33평형의 요일별 엔트로피를 나타내었다.

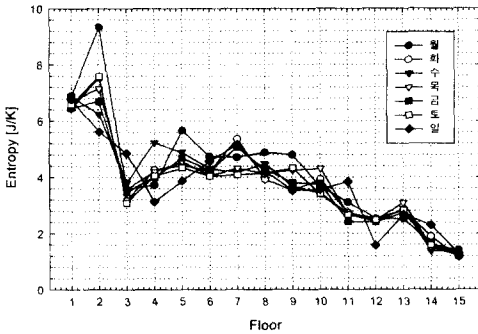


그림 19. 요일별 · 층별 엔트로피(50평형)

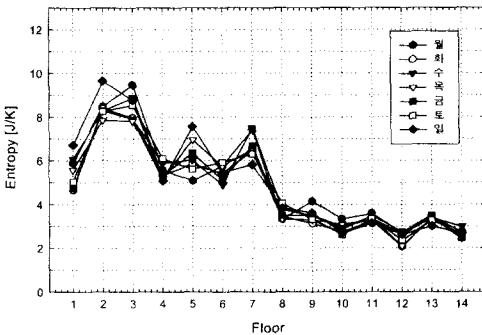


그림20. 요일별 · 층별 엔트로피(33평형)

V. 결 론

본 연구에서는 조사대상 공동주택의 급수설비 설계에 있어서 정확한 급수량 산정과 쾌적한 급수환경을 확보하기 위하여 사용수량과 이론적 급수량 및 사용량에 따른 엔트로피로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일일 급수사용수량은 50평형과 33평형에서 920 [ℓ/day], 760 [ℓ/day]로 나타났으며, 이는 1일 급수량 분석결과 예상 급수량 산정 방법(인원, 면적, 위생기구 의한 방법)이 모두 과대 설계된 것으로 나타났다. 인원수에 의한 산정방법이 50평형과 33평형에서 1,150 [ℓ/day], 950

[ℓ/day]로 실제 급수사용량과 가장 유사하게 나타났으며, 특히 전용면적에 의한 산정 방법은 전용면적이 클수록 그 차이가 매우 커짐을 알 수 있다.

2. 조사 대상 아파트의 급수사용량을 3개층으로 존별화 한 결과 하층부의 물 사용량이 50평형과 33평형에서 1.12 [$m^3/day \cdot family$], 0.85 [$m^3/day \cdot family$]로 나타났으며, 이는 상층부 보다 많이 사용하는 것으로 나타났으며, 급수압의 영향으로 판단된다.

3. 엔트로피의 변화는 아래층으로 갈수록 높아졌으며, 2층에서 최대로 50평형과 33평형에서 8.46 [$J/K \cdot day$], 7.25 [$J/K \cdot day$]이었다. 특히 중간층에서 거의 변화가 없는 것은 일정한 급수압을 확보하기 때문으로 판단된다.

4. 조사 대상 아파트의 층별 엔트로피를 분석해 본 결과 50평형과 33평형의 저층부에서 엔트로피 값이 높게 나타났다. 아파트의 중간층부위에서 엔트로피값의 변화 폭이 적은 것으로 나타났으며, 이는 급수배관에서 급수압력이 에너지가 일정하기 때문으로 판단된다.

50평형과 33평형 공히 1층에서 5.525 [J/K], 6.568 [J/K]로 낮게 나타난 것은 세대에서 급수압을 인위적으로 조절하여 사용하기 때문으로 판단된다.

5. 일평균 엔트로피는 50평형, 33평형에서 각각 4.86 [J/K], 3.87 [J/K]로 나타나 50평형이 0.99 [J/K] 높은 것으로 나타났다.

6. 월별 엔트로피는 50평형에서 평균 28.33 [J/K] 이었고, 33평형에서 23.35 [J/K]로 나타났다.

7. 요일별 엔트로피는 50평형에서 평균 4.86 [J/K]이었고, 33평형에서 3.874 [J/K]로 나타났다.

추후 공동주택의 쾌적한 수환경을 위한 적정 급수량과 급수압을 산정하기 위하여 보다 다양한 인자를 고려하여 분석하여야 할 것으로 사료된다.

주

- 1) 安敎喆外2人, 衛生設備工學, 圖書出版世進社, 1997, pp.94-113.

참 고 문 헌

1. 안창환, 공성훈, 엔트로피에 의한 수평급수 관로 해석에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제15권3호(통권125호), 1999.3
2. 안창환, 공성훈, 엔트로피에 의한 수직급수 관로 해석에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제15권6호(통권128호), 1999.6
3. 공동주택에서 엔트로피에 의한 급수량에 관한 조사 연구, 대한건축학회논문집, 제15권7호(통권129호), 1999.7
4. 조강래, 유정렬, 강신형 공역, 유체역학, 희중당, 1995.
5. 윤용남 저, 수리학, 청문각, 1997.
6. 김광선, 배명환, 이성로, 이세균, 이재효 공역, 공업역역학, 범한서적주식회사, 1995.
7. 안창환외2인, 표준배관공학, 세진사, 1995.
8. 안창환외2인, 위생설비공학, 세진사, 1997.
9. 강우형, 엄정인, 김인묵 공역, 홍종배 열 및 통계물리학, 도서출판한동, 1998.
10. 김재화, 안동환, 박창수공역, 통계 및 열물리, 도서출판대웅, 1997.
11. 김명자, 김건 옮김, 엔트로피, 두산동아, 1998.
12. 안창환, 아파트에서 適正 給水量 算定을 위한 使用水量에 관한 調査 研究, 한국주거학회 논문집, 제5권제1호, 1994.
13. 安昌煥, 給水負荷設計의 基礎理論에 關한 研究, 大邱工業大學産業技術研究論文集, 第3輯, 1998, pp.384-402.
14. 김명식, 건축물의 적정 급수량 산정을 위한 사용 수량 조사연구, 한양대학교, 1990.
15. 김성남, 공동주택의 적정 급수·급탕량 산정 모델, 공기조화 냉동공학회 '98하계학술발표회 논문집. pp. 653~658
16. 紀谷文樹, 村川三郎 共著, 給水設備の負荷設計, 井上書院, 1980.
17. 有本 卓 著, 確率·情報·エントロピー, 森北出版株式會社, 1994.