

순간급수부하 산정방법

Methods of estimating load in water supply systems

이 용 화
Y. H. Lee
유한대학 건축설비과



- 1960년생
- 급배수설비 분야에 관심을 갖고 있다.

1. 머리말

현재 건축기계설비 분야 중 공기조화 설계분야에서는 지난 수십년간 많은 변화가 이루어져 왔으며, 우리 나라에서도 외국에서 발달된 설계개념 및 이론을 우리 실정에 맞게 수정·적용하려고 하는 많은 노력이 있어왔다. 또한 근본개념의 이해를 바탕으로 한 기본 데이터의 수정에 대한 필요성도 느껴, 수정작업이 상당부분 진행되고 있는 실정이다. 그러나 급배수 설비분야에 대한 해석적인 기본원리는 그다지 변화된 것도 없으며, 또한 국내에서도 기본 데이터를 수정하려고 하는 노력도 극히 일부에 국한된 실정이며, 아울러 기본원리에 대한 정확한 이해도 부족한 경우가 많았다고 생각된다.

따라서 본 고에서는 이와 같은 기본원리중의 하나로서, 급수배관경 산정시 고려하여야 하는 순간급수부하 산정법중 일반적으로 많이 사용되고 있는 기구급수부하단위에 의한 방법의 기본 개념에 대해 주로 소개함과 동시에 수정의 필요성 및 수정예에 대해 소개하고자 한다.

2. 급수부하

급수설비의 부하설계란 건물내에 발생하는 물 수요(급수부하)를 어떤 방법으로 예측할 것인가를 의미한다. 즉, 어느 때는 순간적인 유량(순간 급수부하)을, 어느 때는 일정 시간내에 일어나는 부하의 총량(시간급수부하)을 의미하는 것으로서, 일반적인 부하설계법은 이와 같이 크게 2가지로 분류된다.

시간급수부하는 기기의 용량을 결정하기 위해 이용되고 있으며, 건물별 원단위당 급수량(예를 들면 건물 종류별 1인 1일당 급수량 등)이 이에 속한다. 이것은 1일 또는 1시간 평균 사용량을 기본으로 하며, 피크 부하를 구할 때는 일정한 비율을 곱해 산정한다. 그러나 사용내역이 명확하지 않기 때문에 개정의 필요성이 있지만, 아직 우리나라에서는 적절한 데이터를 얻고 있지 못하다. 시간 급수부하는 기기용량의 산정 및 경상비의 예측 등에 이용되고 있다.

또한 순간급수부하는 배관설계 및 최근의 부스터 펌프방식의 기기설계에 이용되고 있는데, 이와 같은 부하예측방법에는 여러 가지가 있다. 즉, 순간 최대유량의 산정법에는 「기구이용에 의해 예측하는 방법」, 「기구급수부하단위에 의한 방법」 및 「물 사용 시간비율과 기구급수단위에 의한 방법」 등이 있는데, 이 중에서 Hunter에 의해 개발된 기구급수

표 1 각종 순간최대 급수량 산정법의 특징

	기구급수부하단위법	물사용시간비율과 기구급수단위에 의한 방법	기구이용에 의한 방법
방 법	- 기구급수부하단위수로부터 헌터선도에 의해 동시 사용유량을 산출한다.	- 물사용시간비율, 기구급수단위로부터 선도에 의해 순간최대유량을 산출한다. - 충수가 겹치는 경우는 기구수의 보정을 한다. - 이종(異種)기구에서는 유량이 작은 쪽을 1/2 가산한다.	- 기구의 순간최대 유량과 동시사용률로부터 순간최대 유량을 산출한다.
장 점	- 간편하다. - 공중용과 개인용으로 나누어 산정할 수 있다.	- 임의(즉시식)와 집중(대기식)형태로 나누어 산정할 수 있다.	- 개략적인 계산에서 유량의 목표치를 쉽게 산정할 수 있다.
단 점	- 전반적으로 과대 설계된다.	- 기구수의 보정, 이종(異種)기구의 산정방법이 복잡하고, 번거롭다. - 주택 등에 적용하면 과대하게 된다.	- 기구수가 많으면 동시 사용률이 지나치게 높고 과대하게 된다.
사용상황	- 우리나라는 실무에서 이 방법을 대부분 이용하고 있다.	- 일본에서는 기준층이 있는 경우 집중(대기식)이용 형태일 때 등에 이용된다.	- 소규모 시설에서 일부 이용된다.

표 2 순간급수량 및 배수량 용어

용 어	정 의 및 설 명
기구단위 (fixture unit)	- 유량만을 의미하는 용어 - Recommended Minimum Requirements for Plumbing(1924)에서는 가장 많은 위생기구가 설치되어 있는 세면기와 대변기를 기준으로 하여, 가장 작은 값(세면기)은 가장 큰 값(대변기)의 약 1/6의 부하를 가진다고 간주하여, 각 위생기구에 1~6까지의 부하단위를 부여함.
기구급수단위 (fixture unit for water supply)	- 일본의 HASS-206에 제정되어 있는 물사용 시간비율과 기구급수단위에 의한 방법에서 사용하는 부하단위를 말함. - 개인용 세면기의 사용수량(수압 1 kg/cm ² 에서 14 l/min)을 기준유량으로 하고 이것을 기구급수단위 1로 하고, 이외의 각종 기구의 단위를 결정한 것.
기구배수부하단위 (f.u.D : fixture unit for drain)	- 세면기를 기준으로 하여 배수관경 30 mm, 평균배수량 28.5 l/min(7.5 gpm ≈ 1 ft ³ /min)을 유량단위 1로 가정하고, 각종 기구의 유량비율을 이것과 비교하여 나타낸 것을 기구배수단위라고 하며, 여기에 배수 빈도수, 동시사용률등을 고려한 배수의 부하단위를 말함.
기구급수부하단위 (fixture unit ; fixture unit rating, fixture weights)	- 부하를 결정하는 인자로 유량, 사용빈도 및 사용시간까지 포함하여 나타낸 것으로서 개인용과 공중용으로 구분되어 있음. - 공중용의 경우, 유량범위 567.75~1135.5 lpm(150~300 gpm)하에서 세정밸브식 대변기, 세정탱크식 대변기, 욕조의 3개 기구에 대해 확률법으로 동시사용기구수 및 동시사용유량을 구한 후, 세정밸브식 대변기의 기구급수부하단위를 10으로 가정하고, 각 유량에서의 부하비교치를 비교한 후 세정탱크식 대변기 및 욕조에 각각 5 및 4의 값을 부여하였음. - 부하비교치(fixture unit rating, fixture weights)를 “fixture unit”(기구급수부하단위)라는 용어를 사용하였는데, 그 이유는 1924년에 정의된 기구단위(fixture unit)가 이 당시까지(약 15년간) 그대로 사용되어왔기 때문에 이 용어를 그대로 사용한 것임.

부하단위에 의한 방법이 현재까지 가장 널리 이용되고 있다. 표 1에는 이들 산정방법의 특징을 비교하여 나타내었다. 한편 아파트 등에서는 실측치에 근거한 산정방법이 국내외에서 많이 소개되고 있기도 하다.

그런데 기구급수부하단위에 의한 방법이 간편성에 의해 실무에서 많이 사용되고 있음에도 불구하고 이에 대한 정확한 개념을 이해하고 있지 못하여, 건물용도에 따라서는 설계부하가 과대 또는 과소하게 산정되어도 삭감 및 가산할 방법을 강구하지 못하는 경우가 많았다. 따라서 여기서는 기구급수부하단위의 개념에 대해 주로 설명하며, 수정예를 나타내기로 한다. 표 2에는 기구급수부하단위의 정의를 잘못 이해하고 있는 경우가 많았다고 생각되어 몇 가지 용어를 정리하여 나타내었다.

3. Hunter에 의한 동시사용유량과 기구급수부하단위

Hunter는 부하유량을 산정하기 위해 확률론에 의해 최대동시사용 기구수를 구하고, 기구급수 부하단위를 도입하여 부하유량(순간최대유량)을 예측하는 방법을 제안하였는데, 이 방법은 이종기구(異種器具)가 혼재되어 있는 시스템에 대해서도 적용하기 쉽기 때문에 널리 이용되고 있다.

3.1 확률이론

한 종류의 위생기구가 배관 시스템상에 설치되어 있는 경우, 이들의 급수부하를 평가하기 위한 확률론적인 방법을 다음에 설명한다.

총 n개의 특정 위생기구(위생기구의 연속사용시 사용간격은 T sec, 1회 사용시 기구의 작동(급수)시간은 t sec)가 임의의 선택 순간에 작동중에 있을 확률은 $\frac{t}{T}$ 이다. 마찬가지로 관찰 순간에 특정위생기구가 작동하지 않을 확률은 $1 - \frac{t}{T} = \frac{(T-t)}{T}$ 가 된다. 따라서 관찰 순간에 (n-1)개 위생기구 중 어느 것도 작동하지 않을 확률은 $\left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-1}$ 이므로, 총 n개의 위생기구중 하나의 특정위생기구만 작동하고 나머지 (n-1)개의 위생기구중 어느 것도 작동하지 않을 확률은

$\left(\frac{t}{T}\right) \cdot \left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-1}$ 가 된다. 따라서 n개의 위생기구중 단지 1개의 위생기구가 작동될 경우의 수는 n개이므로, 관찰 순간에 이 사건이 발생할 확률은 $nPr = n \cdot \left(\frac{t}{T}\right) \cdot \left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-1}$ 로 된다.

한편 r개 위생기구 그룹에서 r개 모두 동일한 시간 t sec안에 작동을 시작할 확률은 $\left(\frac{t}{T}\right)^r$ 이다.

그리고 총 n개 기구 중, r개를 취하는 경우의 수는 $nCr = \frac{n(n-1)\dots(n-r)}{r!} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$ 이므로, 관찰 순간에 r개 위생기구 그룹 중 어느 하나가 작동중에 있을 확률은 $nCr \left(\frac{t}{T}\right)^r$ 로 된다. 나머지 (n-r)개가 이 특정시간 t sec 이외의 시간에 존재할 확률은 $\left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-r}$ 이므로, 따라서 정확히 r개 기구들이 특정한 관찰 순간에 작동중에 있을 확률은 다음 식과 같이 된다.

$$\begin{aligned} nPr &= nCr \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^r \cdot \left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-r} \\ &= nCr \frac{t^r (T-t)^{n-r}}{T^n} \end{aligned} \quad (1)$$

또한 이 식은 다음과 같이 표현할 수도 있다.

$$\sum_{r=0}^n nPr = \sum_{r=0}^n nCr \cdot t^r \cdot \frac{(T-t)^{n-r}}{T^n} = 1 \quad (2)$$

확률 함수 nPr , 즉, 식 (1)은 총 n개 기구가 가정한 비율로 연속사용중에 있을 경우, 총 n개 기구 중 정확히 r개가 임의의 관찰 순간에 작동중에 있을 확률을 나타내며, 다음과 같은 시간비율 $\left(\frac{r \text{개의 기구가 작동중에 있는 시간}}{\text{총 시간}}\right) \%$ 로 해석할 수 있다. 따라서, n과 r의 주어진 값에 대해 확률함수를 시간 τ sec로 곱하면, 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \tau \cdot nPr &= \tau \cdot nCr \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^r \cdot \left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-r} \\ &= 1 \text{ sec} \end{aligned} \quad (3)$$

또는 $nCr\left(\frac{t}{T}\right)^r \cdot \left(\frac{T-t}{T}\right)^{n-r} = \frac{1}{\tau}$ 로도 표
시되며, 이 식들이 의미하는 바는 다음과 같다. 총
n개 위생기구가 가정된 비율로 사용 중에 있는 총
 τ sec중 1 sec동안은 r개의 기구들이 동시작
동 중에 있음을 의미한다. 이 때 선택된 설계변수
인 $r=m$ 이 주어진 시간비를 $\frac{1}{\tau}$ 이상 초과하지 않
을 조건은 다음과 같이 표현된다.

$$\sum_{r=m+1}^n nPr \leq \frac{1}{\tau} \quad (4)$$

식 (3)과 (4)는 총 n개 위생기구가 T sec에 한
번 비율로 전시간 τ sec동안 연속사용중에 있다
는 가정에 기초한 것이다. 이 식으로부터 m값을
선정하여 기구의 평균유량 q l/min을 곱하면 부
하유량 mq l/min을 구할 수 있다.

3.2 Hunter가 이용한 기본 데이터

설계부하유량 mq를 계산하기 위한 확률함수
적용시, m값의 계산과 q값을 선택하기 위한 t, T
및 τ 값을 선정하여야 한다. 이들 값은 공학적인
판단에 의해 크게 좌우되는데, Hunter는 “satis-
factory service”가 가능하도록 적절한 값을 선택
하였으며, “satisfactory service”를 다음과 같이
정의하고 있다.

“Satisfactory service is defined in a
relative sense as that in which interruption
in service because of controllable factors,
such as the sizes and arrangement of pipes,
is infrequent and is of sufficiently short
duration to cause no inconvenience in the
use of fixtures or any unsanitary condition

in the plumbing system.”

급수배관계에서 “satisfactory service”의 성
공여부는 design factor m값의 선택에 좌우된다.
Hunter는 피크사용시(congested 또는 public
use)의 τ 값을 100 sec로 하였으며, 따라서 99%
시간동안은 완전한 satisfactory service를 제공
한다. 만약 m개의 위생기구가 동시사용중에 있다
면, t와 q는 “satisfactory service”를 제공하는
데 필요한 값들과 관계되는 Q(위생기구의 총 급
수유량 l)와 직접적인 관계가 있다. 그리고 특정
위생기구에 따라서는 q값을 좌우하는 t와 Q값이
상당한 범위를 갖기 때문에 위생기구의 작동특성
을 고려해야 할 것이다.

표 3은 Hunter가 이용한 위생기구의 데이터를
나타낸 것이다. 그 당시(1930년대)의 각종 형태의
위생기구에 대한 데이터를 취해 그들의 평균치를
택한 것이다. 이때 위생기구 사용시간대는 기구이
용이 가장 많을 때인, 즉, 피크부하가 발생할 때의
시간대에 대한 경우이다. 이 중에서 욕조는 크기
및 형태, 사용자의 습관 등 여러 요인에 의해 물사
용 데이터가 변하기 때문에 욕조에 대한 데이터를
결정하는 것이 상당히 어렵지만, Hunter는 다음
과 같이 고려하였다.

그 당시의 욕조의 크기 및 형태에 의하면,
overflow까지 물을 채우는데 평균 94.6~151.4
l/min (25~40 gal), 그리고 사용량은 일반적으
로 욕조 체적의 1/3~1/2에서 사용된다고 판단하
였다. 또한 목욕습관에 따른 고려로서, 시간 T에
고려해야 할 것으로서 욕조에 물을 채우는 시간,
목욕시간 그리고 욕조내의 물을 비우는 시간이 필
요하다고 생각하여, 15 min(급히 하는 경우)~30
min(천천히 하는 경우)을 고려하였다. 이때 물사
용량은 급히하는 경우가 더 적을 것이며, 다음과

표 3 위생기구에 대한 Hunter의 가정치

위생기구	유동압력 (kPa)	τ (s)	t (s)	T (s)	t/T	q (l/min)	Q τ (l)
세정밸브식 대변기	103.59	100	9	300	0.03	102.2	15.14
세정탱크식 대변기	103.59	100	60	300	0.2	15.14	15.14
욕 조	34.53	100	60	900	0.067	30.28	30.28
			120	1800			60.56

같이 2가지로 구분하였으며, 욕조로의 평균공급수량은 30.28 lpm(8 gpm)으로 가정하였다.

① 급히 하는 경우

욕조에 물을 채우는 평균 시간 → $t=60 \text{ sec}$

욕조로의 공급유량 → $Q_T=30.28 \text{ l/bath}$
(8 gal/bath)

기구사용 시간간격 → $T=900 \text{ sec}(15 \text{ min})$

② 천천히 하는 경우

욕조에 물을 채우는 평균 시간 → $t=120 \text{ sec}$

욕조로의 공급유량 → $Q_T=60.56 \text{ l/bath}$
(16 gal/bath)

표 4 3종류의 위생기구에 대한 m값

세정밸브식 대변기 $t/T=9/300$		세정탱크식 대변기 $t/T=60/300$		욕 조 $t/T=1/15$	
n*	m**	n	m	n	m
6	2	3	2	3	2
16	3	5	3	8	3
30	4	7	4	15	4
47	5	9	5	22	5
66	6	15	7	31	6
85	7	25	10	40	7
107	8	40	14	59	9
129	9	64	20	113	14
151	10	132	37	172	19
199	12	240	67	221	23
299	16	305	78	309	31

주) * 기구 총 수
** 동시사용갯수

표 5 위생기구의 부하비교치

유 량 lpm (gpm)	세정밸브식 대변기		세정탱크식 대변기		욕 조	
	기구수	부하비교치	기구수	부하비교치	기구수	부하비교치
	n	f	n	f	n	f
567.75 (150)	57	10	133	4.29	164	3.48
757 (200)	97	10	187	5.19	234	4.15
946.25 (250)	138	10	245	5.63	310	4.45
1135.5 (300)	178	10	307	5.80	393	4.53
부하비교치의 평균값		10		5.25		4.15
기구급수부하단위 (Fu)		10		5		4

기구사용 시간간격 → $T=1,800 \text{ sec}(30 \text{分})$

따라서 ①, ② 경우 모두 $\frac{t}{T} = \frac{60}{900} = \frac{120}{1800} = \frac{1}{15} = 0.067$ 로 된다.

표 4에는 표 3의 데이터를 사용하여 m값을 계산한 결과를 나타낸 것이다.

3.3 기구급수부하단위와 부하산정곡선

3.3.1 기구급수부하단위

Hunter(1940)의 연구 이전에 Recommended Minimum Requirements for Plumbing(1924)에서는 위생기구의 부하단위(fixture unit)를 1~6까지 부여하였는데, 그 이유는 단지 가장 많은 위생기구가 설치되어 있는 세면기와 대변기를 기준으로 하여, 가장 작은 값(세면기)은 가장 큰 값(대변기)의 약 1/6의 부하를 가진다고 간주하여 선택한 것이다. 그러나 Hunter는 십진 scale(1부터 10)이 훨씬 더 유연한 평가를 할 수 있을 것으로 생각하여, 3종류의 위생기구(세정밸브식 대변기, 세정탱크식 대변기 및 욕조)에 대한 상대적인 부하효과를 비교·평가하였다.

즉, 위생기구수 n의 값의 변화에 따라 서로 다른 2개 종류의 위생기구의 부하효과(loading effect)의 비율이 정확히 일치하지않기 때문이다. 그 이유는 총유량(Q_T), 체적유량(q) 및 기구사용 시간간격(T)이 각기 다르기 때문이다.

표 5는 유량범위인 567.75~1135.5 lpm(150~300 gpm)하에서 50 gpm씩 증가시켰을 때, 3종류의 위생기구에 대한 부하비교치를 나타낸 것이다. Hunter는 이 유량범위하에서 임의로 세정

밸브식 대변기에 10이라는 부하치를 주고, 이것으로부터 각 유량에서의 부하비교치를 나타낸 것이다. 그리고 급수배관계에서 예견되는 수요를 평가하는데, 그리고 평가된 부하를 공급하는데 선택된 배관 사이즈를 평가하는데 가능한 한 정확성을 주도록, 부하비교치(weight)를 부여할 때 1~10까지의 스케일로 하였으며 또한 가장 큰 정수값을 부여하였다. 즉, 평균값에 기초하여 10(세정밸브식 대변기), 5(세정탱크식 대변기), 4(욕조)의 값을 부여하였다. 그리고 이들 부하비교치(fixture unit rating, fixture weights)를 "fixture unit" (기구급수부하단위)라는 용어를 사용하였다. 그 이유는 Recommended Minimum Requirements for Plumbing(1924)에서 정의된 위생기구의 부하단위(fixture unit)가 이 당시까지(약 15년간) 그대로 사용되어왔기 때문에 이 용어를 그대로 사용한 것이다.

표 6은 유량범위 567.75~1135.5 lpm(150~300 gpm)까지 50 gpm씩 증가시켰을 때, 3종류의 위생기구의 기구수(n)로부터 총기구급수 부하단위수를 나타낸 것이다.

3.3.2 동시사용유량곡선

그림 1에는 3종의 위생기구의 총 설치수(n)와 동시사용유량(mq)간의 관계를 Fu값으로 환산하여 나타낸 것이다(표 6참조). 세정탱크식 대변기와 욕조의 곡선은 아주 근접해 있으며, 부하비교치(Fu) 5와 4는 제시된 범위내에서 거의 정확함을 나타내고 있다. 즉, 730.5 lpm(193 gpm), 880 Fu와 794.85 lpm(210 gpm), 1040 Fu에서 세정밸브식 대변기의 부하곡선을 통과하는 2개의 곡선이 있다. 이것은 부하비교치 10:5:4가 이 범위에서 거의 정확하다는 것을 나타낸다.

세정탱크식 대변기가 300개인 경우(1500 Fu), 세정밸브식 부하곡선에 의해 구한 값과 세정탱크식 대변기의 부하곡선에 의해 직접 구한 것과 비교하면 세정탱크식에 의한 값보다 약 15% 더 작다. 또한 욕조가 300개(1200 Fu)인 경우에는 마찬가지로 방법으로 하면 약 3.5% 더 작다. 그러나 이와 같은 오차는 중요하지 않은데, 그 이유는 설계부하보다 실제 사용량이 이 양만큼 초과하는 경우라면 위생기구에 물을 다시 채우는데 필요한 시간이 각각 약 15% 및 3.5% 증가할 뿐이며, 또는 동일한 시간내에 다시 물을 채워야 한다면, 이 시간대의 물사용량이 그만큼 감소할 뿐이라는 것을 의미한다.

세정탱크식 대변기와 욕조를 세정밸브식 부하곡선과 비교하였을 때 교차점 아래에 있는 경우, 수요가 과대 평가됨을 의미한다. 880부터 1040 Fu까지의 경우는 아주 작은 %, 100 Fu의 경우는

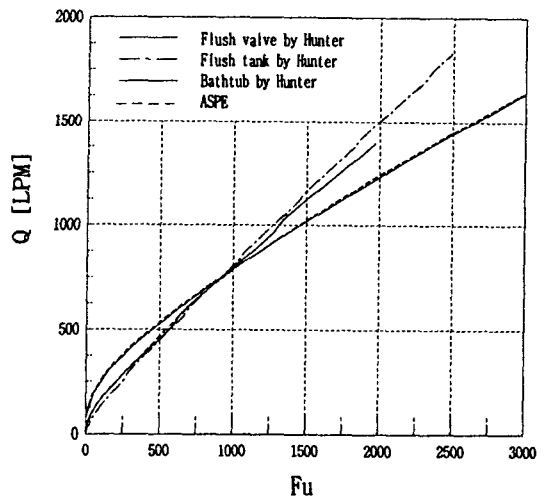


그림 1 Fu값과 부하유량간의 관계

표 6 기구급수부하단위와 유량

유 량 lpm (gpm)	세정밸브식 대변기		세정탱크식 대변기		욕 조	
	n	fn	n	fn	n	fn
567.75 (150)	57	570	133	665	164	656
757 (200)	97	970	187	935	234	936
946.25 (250)	138	1,380	245	1,225	310	1,240
1135.5 (300)	178	1,780	307	1,535	333	1,572

각각 94% 및 23%까지 수요량의 과대평가에 이르게 된다. 그러나 세정밸브식 대변기와 욕조에 대한 총 부하유량을 세정밸브식 부하곡선을 사용하여 구하였을 때의 오차는, 세정밸브식 대변기와 욕조 각각에 대한 부하유량을 세정밸브식 부하곡선으로 각각 구하여 다시 더하였을 때 나타나는 오차보다 적을 것이다. 세정탱크식 대변기가 지배적으로 사용되는 경우에는 세정탱크식 부하곡선과 모든 종류 위생기구의 총 Fu값을 사용하므로써 보다 정확한 평가를 할수 있다. 그런데 Hunter는 세정탱크가 지배적인 경우의 부하곡선은 저 Fu에서는 욕조의 곡선을 사용하였으며, 약 300~880 Fu까지는 매끄러운 곡선(그림 중 ---선)으로 세정밸브식 곡선에 수렴시켜 나타내었다. 따라서 이 선은 세정탱크식 대변기 및 욕조에 대한 각각의 부하곡선에 의해 나타낸 피크수요를 약간 초과하게 된다(부하곡선에 대한 최종곡선은 그림 2를 참조).

3.3.3 이중기구가 혼재된 배관 시스템에서의 부하유량

실제 배관계에는 한가지 종류의 위생기구만 설치되어 있지 않고, 이중기구(異種器具)가 혼재되어 있기 때문에 단일기구가 설치되어 있는 경우로 해석한 그림 1에서 각각의 위생기구에 대한 곡선으로 부하유량을 산정하여 그 합을 구하게 되면, 시스템이 과대설계될 것이다. 그 이유는 앞에서도 언급한 바와 같이 이중기구가 혼재되어 있는 경우에서 단순히 각 기구에 대해 단독적으로 구한 부하유량의 총합을 구하게 되면, 총 기구수에 대한 종합적인 확률함수를 포함하지 못하게 되어, 실제 부하는 다소 작아지게 된다. 그런데 이중기구에 의한 부하율을 확률이론에 의해 계산할 수도 있지만, 이 과정은 실제 사용하기에 다소 복잡해지기 때문에 Hunter는 기구급수부하단위라는 평가방법을 이용하여 이와같은 이중기구가 혼재된 상황을 아주 간단한 방법으로 처리한 것이다. 특히 이때 부하평가곡선은 실제로 여러 종류의 위생기구가 설치되었지만, 순간부하에 가장 큰 영향을 미치게 되는 것은 대변기(세정밸브식과 세정탱크식)와 욕조라고 생각한 것이다.

또한 앞에서도 언급한 바와 같이 욕조, 세면기 및 싱크 등과 같이 수전에 의해 물을 공급받는 위

생기구에 있어서는 기구 사용자의 개인적인 습관 및 특성에 의해 물사용량이 좌우되기 때문에, 사용시간 및 유량을 예측한다는 것은 대변기나 소변기와는 다르게 상당히 어려운 문제이다. 따라서 대변기 또는 소변기에 확률이론을 적용하는 것이 수전이 부착되는 위생기구에 적용하는 것보다 훨씬 더 적합할 것이다. 그렇지만 일반성 있는 부하산정법을 보다 정확하고 편리하게 하기 위해서는, 이들 기구에 근사적인 기구급수부하단위라도 부여하기 위한 방법을 찾아야만 한다.

세면기의 경우에는 하나의 건물에 설치되는 세면기의 총수는 대변기와 거의 같은 수이지만, 급수부하는 대변기보다 훨씬 작다. 그 이유는 평균 유량이 세정밸브식 대변기보다 훨씬 작으며, 1회 사용시간도 세정탱크를 채우는데 필요한 시간보다 훨씬 작기 때문이다. 따라서 Hunter는 불규칙하게 사용되는 이와 같은 기구의 기구급수부하 평가시 기구사용시의 유량과 출구 사이즈를 부분적인 기준으로 사용하였으며, 특히 세면기의 경우에는 다음과 같이 급수부하단위를 부여하였다. 공중용인 경우, 화장실 또는 소변기 사용은 평균 5분에 한번 정도로 사용한다고 가정하여 이 주기로 세면기도 한번 사용한다고 가정하였다. 피크사용시의 세정밸브식 대변기의 기구급수부하단위를 10으로 하였기 때문에 세면기도 이것을 기준으로 하여 기구급수부하단위를 부여하여야 한다. 세정밸브식 대변기는 한번 세정시 4 gal을 사용한다고 가정하였고, 세면기는 1/2~3/4 gal의 물을 사용한다고 가정하였지만 안전율을 고려하여 3/4 gal으로 가정하였다. 세면기와 대변기의 사용주기는 동일하므로 1회당 물사용량으로 단순비교가 가능하다. 따라서 대변기는 세면기와 비교하였을 때, $(4 \div 3/4 = 5.33)$ 배 더 사용할 것이므로, 세면기의 기구급수부하단위는 $10 \div 5.33 = 1.88$ 로 취할 수 있다. 그런데 여유율을 고려하여 2의 값을 할당하였다.

마찬가지 방법으로 간헐적으로 사용되는 다른 위생기구에 대해서도 기구급수부하단위를 할당할 수 있다.

3.3.4 부하유량 평가시 고려사항

1) 설치기구수가 적거나 빈번히 사용되는 위생기구에 비해 사용빈도가 아주 작다고 예상되는 위

생기구가 부하에 미치는 영향은 아주 작을 것이며, 따라서 무시될 수 있다(단 지관에서는 예외로 한다). 예를 들면 오피스 빌딩에서의 서비스 싱크 등에서의 물사용량은 상당히 많다고 생각되지만, 이들의 사용시간대가 출근시간전 또는 퇴근후의 시간대에 사용되므로 그날의 피크부하에 미치는 영향은 무시할 수 있을 정도로 아주 작다. 아파트 등의 주방용 싱크 등도 동일 범주에 포함시킬 수 있다.

2) 위생기구의 사용빈도가 congested use로 간주할 수 없도록 설치된 위생기구-오피스 빌딩의 화장실, 휴게실, 그리고 항상 사용가능한 위생기구가 설치되어 있는 건물-에는 그들 기구의 사용주기가 정도에 따라 부하단위를 부여하여야 한다. 예를 들면, 주거용 건물 및 아파트 등의 욕실, 호텔 객실의 욕실 등은 이와 같은 범주에 포함되며, 이와 같은 실에 설치되어 있는 기구들은 하나의 그룹으로 평가하는 것이 유리하다.

3) 잔디밭의 스프링클러, 공조장치용 등과 같이 연속적인 물공급을 필요로 하는 장치에는 대변기나 비교적 단기간에 대유량을 사용하는 위생기구와 관계시켜 논리적으로 부하단위를 평가할 수 없다. 따라서 이와 같은 부하특성을 갖는 경우에는 따로 분리하여 평가하여야 한다.

4. 부하곡선의 수정

4.1 부하곡선 수정의 필요성

그림 2는 Hunter에 의한 경우(또는 NPC ; 1957), ASPE Databook(1980), NPC Handbook(1993) 및 NSPC(National Standard Plumbing Code ; 1996) 에 나타나 있는 동시사용유량

산정곡선을 나타낸 것이다. 그림 3은 저Fu값에 대해 나타낸 것이다. 표 7은 각 위생기구의 기구급수

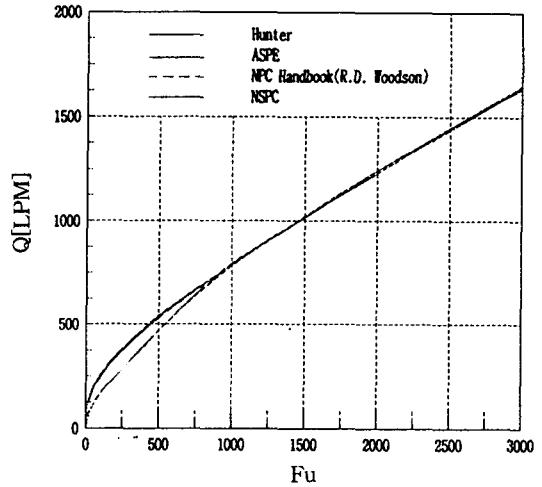


그림 2 부하산정곡선의 비교

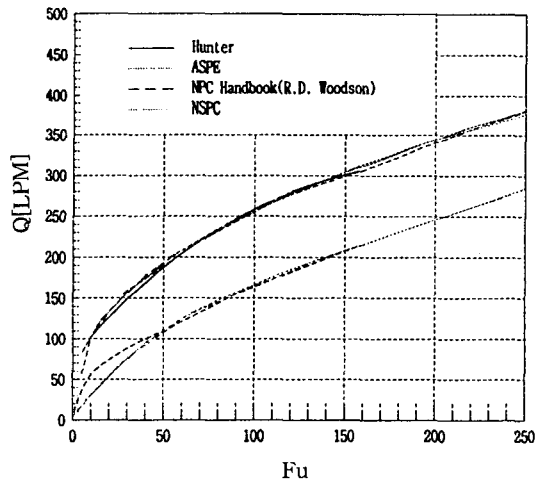


그림 3 부하산정곡선의 비교(저Fu)

표 7 각종 위생기구의 기구급수부하단위 비교

Fixtures	공 중 용 (Fu)				개 인 용 (Fu)			
	Hunter	ASPE	NPC Handbook	NSPC	Hunter	ASPE	NPC Handbook	NSPC
세정밸브식 대변기	10	10	10	본 특집호의 타해설 참조	6	6	6	본 특집호의 타해설 참조
세정탱크식 대변기	5	5	5		3	3	3	
욕 조	4	4	4		2	2	2	
세 변 기	2	2	2		1	1	1	

부하단위를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 부하유량 산정곡선에는 큰 차이가 없다. 그림에는 나타내지 않았지만, ASHRAE Handbook(1997)에서는 Hunter의 곡선을 그대로 인용하고 있다.

그런데 Hunter에 의한 부하곡선을 구하기 위한 기본적인 데이터는 호텔 및 아파트와 같은 주거용 건물에 대한 것을 적용하고 있기 때문에 본래 그 적용범위는 한정 될 수 밖에 없다. 그러나 Hunter에 의한 동시사용유량 산정개념이 그 어떤 방법보다 합리적이고도 해석적인 기법을 사용하였기 때문에, 그림 2에 비교하여 나타낸 바와 같이 현재까지도 널리 사용되고 있다. 그렇지만 헌터에 의한 부하유량 산정 방법을 각종 용도의 모든 건물에 그대로 적용하는 데에는 무리가 있음을 그동안의 경험에 의해 알 수 있다. 즉, 건물용도에 따라서는 헌터의 곡선을 수정하여 사용하여야 할 필요가 있다.

이때 수정시 고려해야 할 변수로는 그의 정의에 기초하여 생각해 보면, 크게 3가지로 분류할 수 있다.

- ① 건물 용도에 따른 기구 점유시간, 즉 연속사용시의 시간간격.
- ② 위생기구의 종류 - 이 방법의 기본 위생기구중의 하나인 욕조가 설치되지 않는 경우의 건물이 많음.
- ③ 위생기구의 특성변화 - 헌터곡선은 1930년대의 위생기구의 데이터를 사용하였으나 현재의 위생기구는 그 특성이 많이 변화되었음.

4.2 Hunter 곡선의 수정에

앞 절에서 언급한 바와 같이 Hunter곡선 및 기구급수부하단위가 여러 가지 요인에 의해 수정되어야 한다는 것을 알았다. 특히 절수형 대변기가 설치되는 경우는 이 기구에 대한 기구급수부하단위조차도 현재 평가되지 못하고 있다. 여기서는 욕조가 설치되지 않는 건물에서의 세정탱크식 대변기의 기구급수부하단위를 재평가하여 부하산정곡선을 수정하고, 또한 절수형 세정밸브식 대변기에 기구급수부하단위를 부여함과 동시에 이 기구가 지배적인 경우의 부하곡선도 제시한 참고문헌 [11]의 내용을 소개한다.

표 9 및 그림 4는 국내 D사의 위생기구(표 8)를 가지고 계산한 결과이다. 표 9에서 절수형 세정밸브식 대변기의 기구급수부하단위를 5로 평가할 수 있었으며, 세정탱크식도 Hunter와 동일하게 5로 평가할 수밖에 없다.

그림 4의 (a)는 표 9에서 평가된 기구급수부하단위를 기준으로 하여 동시사용유량을 나타낸 것이다. 기구사용시간은 Hunter와 동일하게 300 sec로 하여, 기구급수부하단위를 절수형 세정밸브식 대변기 및 세정탱크식 대변기에 각각 5의 값을 할당하여, 동시사용유량과 기구급수부하단위와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 절수형 세정밸브식 대변기를 사용하여 동시사용유량을 구하면, 1,750 Fu까지는 기존 세정밸브식 대변기의 경우보다 동시사용유량이 작게 산출됨을 알 수 있다. 또한 세정탱크식의 경우도 1,335 Fu까지는 세정밸브식 대변기보다 작게 산출된다.

사무소 건물에 100개의 대변기가 설치되어 있

표 8 위생기구 데이터

위 생 기 구		압 력 (kPa)	τ (s)	t (s)	T (s)	q (ℓ /min)	Q_T (ℓ)
Hunter	세정밸브식 대변기	103.59	100	9	300	102.2	15.14
	세정탱크식 대변기	103.59	100	60	300	15.14	15.14
	욕 조	34.53	100	60 120	900 1800	30.28	30.28 60.56
국내 D사의 대변기	절수형 세정밸브식	98	100	7.5	300	72	9
	세정탱크식	98	100	79.6	300	10.7	14.2

표 9 기구급수부하단위 산정

부 하 (l/min)	Hunter						국내 대변기			
	세정밸브식 대변기		세정탱크식 대변기		욕 조		절수형 세정밸브식		세정탱크식	
	n	f	n	f	n	f	n	f	n	f
567.75	57	10	133	4.29	164	3.48	125	4.56	152	3.75
757	97	10	187	5.19	234	4.15	192	5.05	208	4.66
946.25	138	10	245	5.63	310	4.45	271	5.11	269	5.13
1135	178	10	307	5.80	393	4.53	347	5.13	327	5.44
Average weight		10		5.25		4.15		4.96		4.75
Fixture unit		10		5		4		5		5

는 경우를 생각하면, 동시사용율을 고려하지 않았을 때의 최대 공급수량은 $(100 \times q) l/min$ 의 유량이 필요하다. 그림으로부터 Hunter에 의한 경우를 보면, 세정밸브식 대변기는 1,000 Fu, 790.48 l/min , 세정탱크식은 500 Fu, 471.3 l/min 으로 나타난다. 그런데 절수형 세정밸브식과 국내 세정탱크식 대변기의 경우에 대해서는 각각 500 Fu, 498.15 l/min 과 500 Fu, 402.9 l/min 으로 나타난다. 세정밸브식의 경우, 절수형으로 설계하면 동시사용유량은 Hunter의 동시사용유량의 약 60% 정도로 설계할 수 있다. 또한 일반 세정탱크식의 경우도 욕조를 고려하지 않는 그림 4의 결과는 Hunter에 의한 값의 약 80% 정도로 평가된다.

세정탱크식의 경우, Hunter의 세정탱크식 곡선보다 동시사용유량이 낮게 평가되는데, 이것이 Hunter의 값보다 더 현실성에 가깝다고 할 수 있다. 그 이유는 Hunter는 세정탱크와 욕조의 부하곡선이 거의 근접하여 나타난 결과로부터 동시사용유량값이 보다 큰 욕조의 곡선을 상향 평가하여 이것을 다시 그려 세정탱크식 곡선으로 하였기 때문에, 욕조가 설치되지 않는 사무소 건물에서는 실제로 과대 설계된다. 또한 위생기구의 실제 사용량도 Hunter의 데이터와 현재 우리나라의 데이터와는 다르기 때문이다.

그림 4의 (b)는 (a)의 곡선을 저Fu값에 대해서 나타낸 것이다.

물론 표 8 및 그림 4의 평가치는 기구의 사용간격을 300초로 한 경우로서, 건물의 용도에 따라서는 기구 사용간격이 달라질 것이며 또한 기구급수

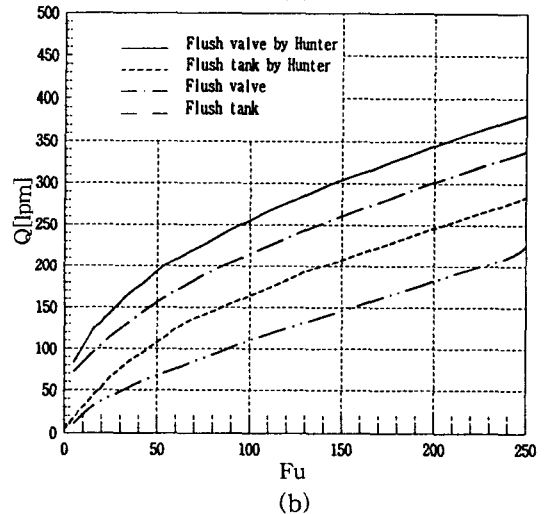
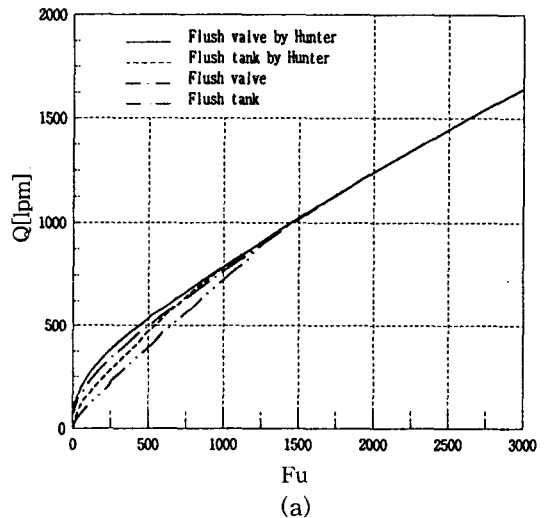


그림 4 수정된 부하곡선 (Flush valve는 절수형 세정밸브식 대변기임.)

표 10 기구사용간격에 따른 부하비교치

	절수형 세정밸브식 대변기			세정탱크식 대변기		
	T=250 sec	T=300 sec	T=400 sec	T=250 sec	T=300 sec	T=400 sec
Average weight	5.95	4.96	3.73	5.64	4.75	3.59

부하단위도 변하게 될 것이다. 그 예를 표 10에 나타내었다. 기구 사용간격에 대한 국내 데이터가 없기 때문에 향후 이들에 대한 데이터의 수집도 필요하리라고 본다. 이들 데이터를 기반으로 하여 우리 실정에 맞는 그리고 보다 세분화된 기구급수 부하단위의 평가가 이루어져야 된다고 생각한다.

5. 맺음말

급수설비의 순간부하유량에 관해서는 ASHRAE HANDBOOK(1997), ASPE, NPC Handbook 및 NSPC 등에서 헌터곡선 및 기구급수부하단위에 의한 방법을 추장하고 있는 실정이다. 물론 일본에서는 많은 변수가 고려된 그들 나름대로의 독자적인 방법을 개발하였지만, 그 복잡성에 의해 실무적으로는 보다 간단하고 단순한 헌터곡선이 가장 많이 사용되고 있다. 그리고 국내에서도 공기조화·냉동·위생 편람에서도 이 방법을 이용하고 있는데, 이와 같이 Hunter곡선과 기구급수부하단위에 의한 방법이 현재까지도 널리 사용되고 있는 이유는 Hunter에 의한 동시사용유량 산정개념이 그 어떤 방법보다 합리적이고도 해석적인 기법을 사용하였기 때문이라고 생각된다.

그러나 Hunter의 부하곡선을 구하기 위한 기본 데이터는 호텔 및 아파트와 같은 주거용 건물에 대한 것을 적용하고 있기 때문에 본래 그 적용범위는 한정될 수밖에 없으며, 또한 사무소 건물과 같이 육조가 없는 건물에 적용하기 위해서는 부하곡선의 수정도 필요하리라고 생각된다. 또한 현재의 위생기구의 특성이 Hunter가 연구할 당시와는 많이 변화되었고, 또한 최근 수자원 절약에 따른 절수형 대변기의 설치도 증대되고 있기에 이들 기구에 대한 기구급수부하단위도 재평가 및 새로 평가되어야 한다고 생각된다. 또한 건물 용도에 따라 물사용 특성이 상이하기 때문에 Hunter와 같이 공중용과 개인용으로만 구분하고 있는 기

구급수부하단위도 용도별로 보다 세분화하고 우리나라 실정에 적합하게 수정할 필요가 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Manas, V. T., 1957, National Plumbing Codes Handbook, McGraw-Hill.
2. Hunter, R.B., 1940, Methods of estimating Loads in plumbing systems, Building materials and Structures report BMS65.
3. American Society of Plumbing Engineers, 1980, ASPE 1979~1980 Data Book, ASPE.
4. National Association of Plumbing-Heating-Cooling Contractors, 1996, National Standard Plumbing Code Illustrated, NAPHCC.
5. Woodson, R. D., 1993, National Plumbing Codes Handbook, McGraw-Hill.
6. ASHRAE, 1997, ASHRAE Handbook - 1997 Fundamentals, ASHRAE.
7. (社)空氣調和·衛生工學會, 1992, 給排水設備規準·同解説(HASS 206-1991), (社)空氣調和·衛生工學會.
8. 紀谷文樹, 村川三郎, 1978, 給水設備の負荷設計, 井上書院, 東京.
9. 이용화, 박효석, 1998, 건축 급배수·위생설비, 세진사.
10. 공기조화 냉동공학회, 1996, 공기조화·냉동·위생편람-제4권 소방·위생 및 환경, (사)공기조화 냉동공학회.
11. 이용화, 1999, 사무소 건물의 급수배관경산정을 위한 동시사용유량에 관한 연구, 공기조화·냉동공학 논문집, 제11권 제4호.