

사무소 건물의 급수배관경 산정을 위한 동시사용유량에 관한 연구

The evaluation of the simultaneous flow rate for sizing the water supply piping in the office building

이 용 화*
Y. H. Lee

Key words: Water supply piping(급수배관), Water closet(대변기), Flush valve or flush tank type(세정밸브식 또는 세정탱크식), Fixture unit(기구급수부하단위), Simultaneous flow rate(동시사용유량)

ABSTRACT

Determining the simultaneous flow rate in any particular section of piping is the important step in order to determine the size of water supply piping. Now we are using the diversity curve of common water closet in order to determine the simultaneous flow rate of water supply piping, but there is a difference between a determined flow rate of general water closet and that of water closet for water saving. This study aims to find out the fixture unit of a flush valve type water closet for water saving in office building, and to determine the correlation between the fixture units and peak flow rates on the basis of the probability theory. A flush valve type water closet for water saving that have a 7.5 second duration of flush operation with an average design flow rate 72 ℓ /min was considered. Simulation results indicate that the number 5 is shown to be reasonable to the fixture unit of water closet for water saving. And the design can be undersized considerably with the revised diversity curves using modified fixture unit.

기 호 설 명

f : 세정밸브식 대변기에 대한 가중치
 Fu : 기구급수부하단위
 m : 최적설계갯수 (동시사용갯수)
 N : 1종류의 위생기구 총 수
 nC_x : N 개중 x 개를 취하는 조합의 수
 $p(x)$: N 개중 x 개를 취할 확률
 q : 기구평균공급유량 [ℓ /min]

Q : 동시사용유량 [ℓ /min]
 Q_T : 기구로의 총 공급유량 [ℓ]
 t : 기구의 물사용시간 [sec]
 T : 기구사용시간 [sec]

그리스 문자

θ : 하나의 위생기구가 작동중에 있을 확률
 τ : 시간간격 [sec]

* 정회원, 유한대학 건축설비과

1. 서론

건축물내에서 발생하는 물수요(급수부하) 예측은 급수설비의 최적설계를 위해서 아주 중요하다. 이와 같은 급수부하로는 순간급수부하 및 시간급수부하로 대별할 수 있다.

순간급수부하는 배관설계 및 탱크없는 부스터 펌프방식에서의 기기설계에, 그리고 시간급수부하는 기기용량의 산정 및 경상비의 예측 등에 이용되고 있다.

특히 배관경을 산정하기 위한 동시사용유량의 예측법은 Hunter⁽¹⁻³⁾, 紀谷文樹 등^(4,5)에 의해 제시되고 있으나, 일반적으로는 Hunter에 의한 방법이 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 1930년대의 위생기구와 미국인의 생활습관에 기초하고 있기 때문에, 현재의 우리실정에 맞는 데이터로 수정되어야 한다고 사료된다.

우리 나라에서도 기기의 용량산정 등에 이용하기 위한 급수량 등의 예측에 대해서는 손장렬 등⁽⁶⁾에 의해 각종건물의 월평균 및 시간평균 사용수량특성에 대한 조사가 있다. 그러나 이들 실측에 의한 연구는 배관설계에 기초가 되는 순간유량의 산정에 이용하기에는 한계가 있으며, 최근 김홍수 등⁽⁷⁾과 김지현 등⁽⁸⁾이 일부 지역에 기설되어 있는 아파트의 순간유량을 산정한 연구가 있을 뿐이다.

국내 급수설비 설계시, 배관경 산정에 사용하는 동시사용유량은 대부분 Hunter에 의한 기구급수단위에 의해 산정하고 있으나, 건물의 용도 및 급수기구가 변화되어 왔기 때문에 건물용도에 따라서는 상당히 과대설계되고 있는 형편이다. 즉, Hunter에 의한 동시사용유량 예측법은 확률법에 기초하여 구하고 있는데, 이때의 위생기구에 대한 기본 데이터는 그 당시의 위생기구를 기본으로 하고 있기 때문이다.

또한 건축물내에서의 물사용량을 감소시키기 위

한 방법의 하나로서 각종 절수형 기기의 설치가 증대되리라고 생각되며, 이들 위생기구가 개발 시판되고 있다. 그러나 이들 절수형 위생기구에 대한 기구급수부하단위가 아직 제시되지 못하고 있으며, 따라서 현재 개발되어 있는 절수형 세정밸브를 기준으로 한 새로운 기구급수부하단위수와 동시사용유량곡선의 제시가 시급한 실정에 있다. 또한 사무소 건물에는 욕조가 설치되지 않기 때문에 Hunter의 동시사용유량곡선을 세정탱크식 대변기에 적용하였을 때는 상당히 과다 설계된다고 할 수 있다.

Hunter에 의한 기구급수부하단위에 의한 유량산정법은 건물내에 설치된 위생기구중 최대부하유량을 갖는 위생기구, 즉 대변기 또는 욕조의 동시사용유량곡선을 구하고, 여기에 세면기 등과 같은 타 위생기구의 기구급수부하단위를 정하고, 건물내의 총 기구급수부하단위를 구하여 동시사용유량곡선으로부터 동시사용유량을 구한다.

이에 본 연구에서는 최대부하유량을 갖는 위생기구인 대변기에 대해, 절수형 세정밸브식 대변기를 사무소 건물에 설치한 경우의 동시사용유량을 예측하기 위한 기구급수부하단위의 설정 및 이 기구 특성에 맞는 동시사용유량값을 예측할 수 있는 동시사용유량곡선을 제시하고자 한다. 또한 사무소 건물에 세정탱크식 대변기가 주로 설치되어 있는 경우의 동시사용유량도 재산정하는데 그 목적이 있다.

2. 동시사용유량의 산정방법 및 계산 조건

본 연구에서 동시사용유량을 예측하기 위한 위생기구로 국내 D사에서 개발한 절수형 세정밸브식대변기(자동지수식)와 세정탱크식대변기(Model FT 209)로 하였으며, 이들의 유량특성을 Table 1에 나타내었다.

이들 기구를 선정한 이유는 절수형 대변기(사

Table 1 Flow rate characteristics of water closets

Pressure [kPa]	98			196			294		
	Q_T [ℓ]	t [sec]	q [ℓ/min]	Q_T [ℓ]	t [sec]	q [ℓ/min]	Q_T [ℓ]	t [sec]	q [ℓ/min]
Fixtures									
Flush valve for water saving	9	7.5	72	8.9	5.5	97.1	8.7	4.5	116
Flush tank	14.2	79.6	10.7	14.2	52.27	16.3	14.2	42.6	20

이편 및 사이편 제트형 의 경우)에 대한 정의⁽⁹⁾가 세정사용유량 9 ℓ 이하인 대변기로 규정하고 있기 때문이다. 그러나 이 유량 이하, 즉 8 ℓ로도 세정 가능한 제품도 있지만, 부하설계 개념상 절수형 대변기의 최대치인 9 ℓ의 것이 보다 적합하다고 사료되어 Table 1의 대변기를 선정하였다. 또한 세정탱크식 대변기의 경우도 본 연구에서는 15 ℓ 용기를 사용할 때의 급수량(14.2 ℓ)을 기준으로 한 것으로서, 13 ℓ의 사용으로도 세정 가능한 제품도 있지만, 국내제품의 경우, 탱크 용량 및 변기의 구조상 최대치로서 14.2 ℓ의 유량을 고려하여도 큰 무리가 없을 것이라고 사료되어 국내 D사의 대변기를 선정하였다.

동시사용유량을 구하기 위해서 사용한 계산은 Hunter와 동일하게 이항급수에 의한 초과확률법⁽¹⁰⁾에 의해 계산하였다.

임의의 특정 순간(t 시간동안)에 특정위생기구가 물을 사용할 확률은 식 (1)과 같으며, 물을 사용하지않을 확률은 식 (2)와 같다.

$$\theta = \frac{t}{T} \quad (1)$$

$$(1 - \theta) = 1 - \frac{t}{T} \quad (2)$$

급수시스템내에서 N 개 기구중 x 개가 동일 t 시간 동안에 작동하지 않을 확률은 식 (3)과 같다.

$$\theta^x = \left(\frac{t}{T}\right)^x \quad (3)$$

N 개중 나머지 $(N-x)$ 개는 t 시간 동안에 작동하지 않을 확률로서 식 (4)와 같다.

$$(1 - \theta)^{N-x} = \left(1 - \frac{t}{T}\right)^{N-x} \quad (4)$$

그리고 총 N 개의 위생기구중 특정관찰순간에 x 개의 위생기구수가 작동중에 있을 확률은 다음과 같다.

$$\sum_{x=0}^N p(x) = \sum_{x=0}^N N C x \cdot \theta^x \cdot (1 - \theta)^{N-x} \quad (5)$$

여기서 $p(x)$ 는 이항분포, 즉,

$$\begin{aligned} [(1 - \theta) + \theta]^N &= \sum_{x=0}^N N C x (1 - \theta)^{N-x} \theta^x \\ &= 1 \end{aligned} \quad (6)$$

를 갖는 확률함수로서, $p(x)$ 는 $(x+1)$ 번째 항이다. 따라서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\sum_{x=0}^N p(x) = 1 \quad (7)$$

Table 2 Calculation conditions

Fixtures		Flow pressure [kPa]	τ [s]	t [s]	T [s]	q [ℓ/min]	Q_T [ℓ]
Hunter's study	Flush valve type water closet	103.59	100	9	300	102.2	15.14
	Flush tank type water closet	103.59	100	60	300	15.14	15.14
	Bathtub	34.53	100	60	900 1200 1800	30.28	30.28 60.56
This study	Flush valve type water closet for water saving	98	100	7.5	250 300 400	72	9
	Flush tank type water closet	98	100	79.6	250 300 400	10.7	14.2

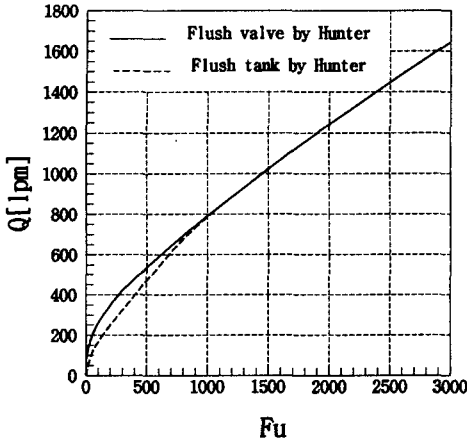


Fig. 1 Hunter's estimate curves.

시스템을 구성하는 위생기구 총수 N 개중 $x=m$ 개 (동시사용갯수)가 주어진 시간비율 $\frac{1}{\tau}$ 를 초과하지 않을 조건은 다음과 같다.

$$\sum_{x=m+1}^N p(x) = \sum_{x=m+1}^N {}^N C_x \cdot (1-\theta)^{N-x} \cdot \theta^x \leq \frac{1}{\tau} \quad (8)$$

따라서 식 (8)을 만족하는 m 값을 구하여 동시사용 갯수로 하며, 여기에 기구평균 공급유량 q l/min을 곱하여 동시사용유량으로 한다.

이때 본 계산에서 사용한 조건은 Table 2와 같다. 계산에서 1회당 기구사용시간은 실측치로부터 산정하여야 하지만, 본 연구에서는 Hunter의 경험치⁽¹⁾인 300 sec를 기본으로 하였으며, 일본의 실측치⁽⁴⁾가 273.6 sec임을 고려하여 250 및 400 sec에 대해서도 계산을 수행하여 기구사용시간 변화에 대한 동시사용유량변화도 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Hunter에 의한 동시사용유량곡선

Fig. 1은 Hunter가 제안한 동시사용유량을 구하는 선도이다. Hunter는 피크사용중에 있는 아파트와 같은 주거용 건물에서의 동시사용유량을

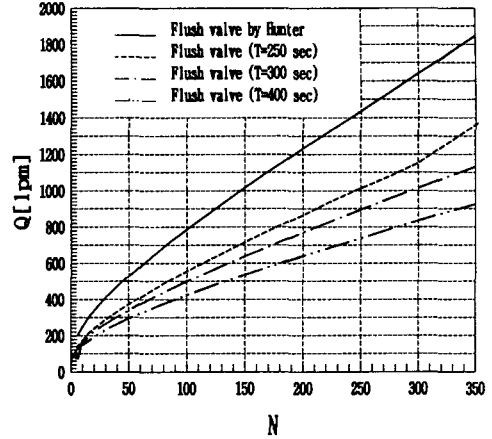


Fig. 2 Relation of the simultaneous flow rate to total number of flush valve type water closets for water saving.

구할 때, 세정밸브식 대변기, 세정탱크식 대변기 및 욕조를 기본으로 하고, 물사용량의 부하가 가장 큰 세정밸브식 대변기를 기준으로 하여 기구급수부하단위를 제안하였다. 그 근거는 이들 기구가 배관시스템내에서의 부하유량이 가장 크기 때문에 배관시스템의 주요 부하로 작용할 것이라고 가정하였기 때문이다. 즉, 세정밸브식 대변기를 임의로 10으로 가정하고, 이에 비례하여 다른 위생기구의 사용빈도수와 물사용량을 근거로 하여 유량범위 567.75~1135.5 l/min(150~300 gal/min)하에서의 위생기구수를 비교하여 세정탱크식 대변기 및 욕조에 각각 5 및 4의 값을 할당하여 기구급수부하단위로 하였다. 그리고 설치기구수에 대한 동시사용 갯수를 구하여, 기구급수부하단위와 동시사용유량간의 관계를 나타낸 것이 Fig. 1이다.

그런데 Hunter에 의한 동시사용유량곡선은 일반적으로 그대로 사무소 건물에 적용하였을 때는 배관경이 과대하게 산정된다. 그 이유 중 주요한 요인은 다음과 같은 것이라고 사료된다.

기구급수부하단위수를 산정할 때, 식 (1)의 값, 즉 위생기구의 작동시간과 위생기구 사용시간이 현재의 위생기구와 비교하였을 때 변화되었을 것이다. 또한 Hunter에 의한 기구급수부하단위 및 동시사용유량선도는 아파트에서의 사용을 기본으

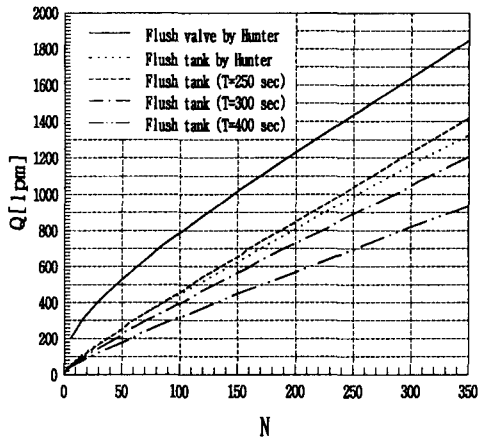


Fig. 3 Relation of simultaneous flow rate to total number of flush tank type water closets.

로 하고 있다. 따라서, Hunter에 의한 동시사용유량선도에서 세정탱크식 대변기가 설치되어 있는 경우에 사용하는 Fig. 1의 세정탱크곡선은 옥조에 기초한 곡선으로서 옥조가 설치되지 않는 사무소 건물에서는 과대하게 산정된다.

그리고 물사용량을 절약하기 위하여 절수형 변기를 사용한 경우, 절수형 변기에 대한 기구급수부하단위의 적용이 어렵다.

3.2 절수형세정밸브식 대변기와 세정탱크식 대변기의 동시사용유량

Fig. 2는 절수형 세정밸브식 대변기의 설치수에 대한 동시사용유량을 기구사용시간(변기를 한번 사용하는데 걸리는 시간)을 각각 250, 300 및 400 sec로 변화시킨 경우에 대해 나타낸 것이다.

Fig. 3은 세정탱크식 대변기에 대해 나타낸 것이다. 기구사용시간이 짧을수록, 기구수가 동일하게 설치된 경우의 사용유량은 증가함을 나타내고 있다. 따라서 기구사용시간에 따라 동시사용유량이 달라지므로 이에 대한 정확한 실측값이 요구된다. Hunter⁽¹⁾는 300 sec로, 일본⁽⁴⁾에서는 약 273.6 sec로 실측되었다.

그리고 기구급수부하 단위수를 평가하기 위해서 Hunter에 의한 세정밸브식과 비교하여 나타낸 경우를 Table 3에 나타내었다. Table 3에는 기구

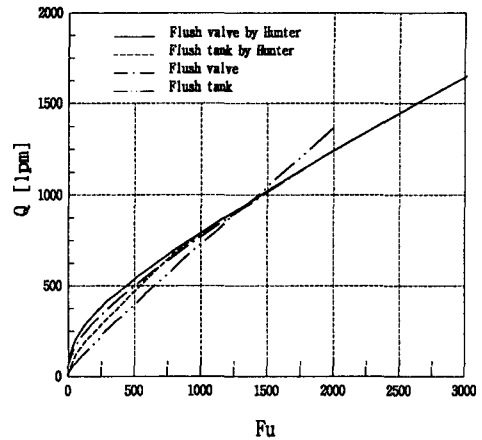


Fig. 4 Relation of simultaneous flow rate to total fixture unit.

사용시간이 300 sec인 경우의 기구급수부하단위를 평가하여 나타내었으며, 절수형 세정밸브식 대변기의 기구급수부하단위는 5로 평가된다. 또한 세정탱크식의 경우는 Hunter에 의한 가중평균치 5.25 보다는 작은 4.75로 나타났으나, 기구급수부하단위는 5로 평가되어야 할 것이다.

Fig. 2로부터 250 sec 및 400 sec인 경우의 기구급수부하단위를 계산하여 나타낸 것을 Table 4에 나타내었다. Table 4에서 기구사용시간이 짧을수록 평균가중치는 증가한다. 즉, 기구사용시간이 짧을수록 동일한 동시사용유량이 흐를 수 있는 기구의 수는 감소함을 나타내고 있다.

Fig. 4는 Table 2에서 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.

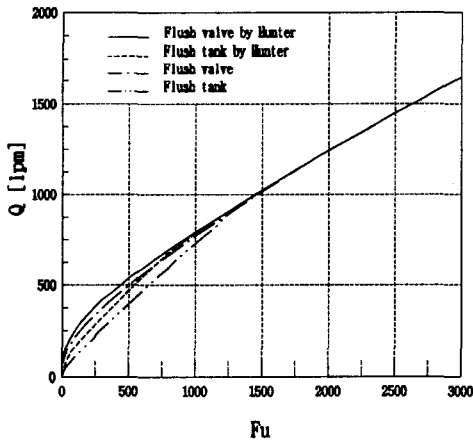
그림에서 절수형 세정밸브를 사용하여 동시사용유량을 구하면, 1,750 Fu까지는 기존 세정밸브식 대변기의 경우보다 동시사용유량이 작게 산출됨을 알 수 있다. 또한 세정탱크식의 경우도 1,335 Fu까지는 세정밸브식 대변기보다 작게 산출된다. 그러나 절수형 세정밸브식과 달리 1,335 Fu 이상에서는 Hunter에 의한 세정밸브식보다

Table 3 Fixture unit for rating of flush valve and tank type

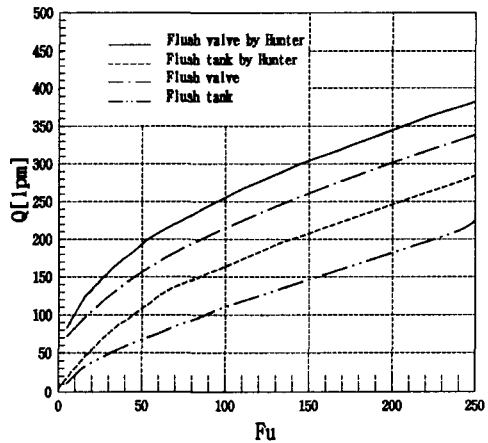
Demand [l/min]	Hunter's study						This study(T=300 sec)			
	Flush valve type		Flush tank type		Bathtub		Flush valve type for water saving		Flush tank type	
	N	f	N	f	N	f	N	f	N	f
567.75	57	10	133	4.29	164	3.48	125	4.56	152	3.75
757	97	10	187	5.19	234	4.15	192	5.05	208	4.66
946.25	138	10	245	5.63	310	4.45	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

Table 4 Average weight of flush valve and tank type

	Flush valve type for water saving			Flush tank type		
	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



(a) Demand load curve



(b) Enlarged scale

Fig. 5 Estimate curve for design purpose.

크게 나타나지만 이것은 그다지 문제가 되지 않는다. 그 이유는 설계시의 동시사용유량보다 실제 부하유량이 큰 경우라면, 세정탱크내에 물을 다시 채우는 시간이 증가할 뿐이기 때문이다.

사무소 건물에 100개의 대변기가 설치되어 있는 경우를 생각하면, 동시사용율을 고려하지 않았을 때의 최대 공급수량은 $(100 \times q)$ l/min의

유량이 필요하다. 그림으로부터 Hunter에 의한 경우를 보면, 세정밸브식 대변기는 1,000 Fu, 790.48 l/min, 세정탱크식은 500 Fu, 471.3 l/min으로 나타난다. 그런데 본 연구의 절수형 세정밸브식과 세정탱크식 대변기의 경우에 대해서는 각각 500 Fu, 498.15 l/min과 500 Fu, 402.9 l/min으로 나타난다. 세정밸브식의 경우, 절수형

으로 설계하면 동시사용유량은 Hunter의 동시사용유량의 약 60%정도로 설계할 수 있다. 또한 일반 세정탱크식의 경우도 욕조를 고려하지 않는 본 연구의 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 설치되지않는 사무소 건물에서는 실제로 과대 설계된다. 또한 위생기구의 실제 사용량도 Hunter의 데이터와 현재 우리나라의 데이터와는 다르기 때문이다.

이상의 고찰로부터 사무소 건물에 적용할 수 있는 새로운 부하유량곡선을 Fig. 5의 (a) 및 (b)와 같이 제시한다. Fig. 5의 (b)는 (a)의 곡선을 저Fu값에 대해서 나타낸 것이다.

4. 결론

본 연구는 사무소 건물의 배관경 산정시 사용되는 동시사용유량을 예측하는데 있어서, 절수형 세정밸브식 대변기의 설치시 이 기구의 기구급수 부하단위를 산정하고, 또한 동시사용유량을 산정하는 선도를 제시하기 위한 것이다. 또한 세정탱크식 대변기에 대한 경우도 재평가하기 위한 것으로서 그 결과는 다음과 같다.

(1) 절수형 세정밸브식 대변기의 기구사용시간이 250~400 sec인 경우, Hunter의 세정밸브식 대변기에 대한 상대적인 평균가중치는 약 4~6으로 나타났으며, 300 sec인 경우 기구급수부하단위는 5로 평가된다.

(2) 절수형 세정밸브식 대변기에 대한 동시사용유량곡선을 제시하였다.

(3) 사무소 건물에 세정탱크식 대변기가 설치

되는 경우, 기구급수부하단위는 Hunter의 평가와 동일하게 5로 평가된다.

(4) 사무소 건물에 세정탱크식 대변기가 설치되는 경우, Hunter의 동시사용유량곡선보다 저평가되는 동시사용유량곡선을 제시하였다.

참고문헌

1. Hunter, R. B., 1940, Methods of estimating Loads in plumbing systems, Building materials and Structures report BMS65.
2. Manas, V. T., 1957, National plumbing code handbook, McGraw-Hill Book Co., New York.
3. ASPE, 1980, 1979-1980 databook-Fundamentals of plumbing design, American Society of Plumbing Engineers, vol 1, pp. 3~1-3~11.
4. 紀谷文樹, 村川三郎, 1978, 給水設備の負荷設計, 井上書院, 東京.
5. (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, 東京.
6. 손장렬, 강제식, 박병륜, 이석주, 1992, 건축물 용도에 따른 급수사용량 특성에 관한 조사연구, 대한건축학회 논문집, 제8권 제8호, pp. 117-124.
7. 김홍수, 김종엽, 1994, 아파트의 적정 급수 급탕량 조사 연구, 대한건축학회 논문집, 제 14 권 제2호, pp. 395-400.
8. 김지현, 김성식, 심재익, 박철립, 공동주택의 급수설비시스템 계획을 위한 사용수량 조사연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제17권 제2호 pp. 839-846.
9. 공기조화·냉동공학회, 1996, 공기조화·냉동·위생편람-제4권 소방·위생 및 환경, p. 431.
10. 민병소, 김동희, 1986, 확률과 통계, 정익사.