공동주택의 적정 급수 · 급탕량 산정 모델

Estimation model of reasonable amount of domestic cold water and hot water supplies in apartment houses

김 성 남*, 하 태 웅**
S. N. Kim, T. W. Ha

Key words: Domestic cold water supply system(급수설비), Amount of domestic cold water supply (급수량), Hot water supply system (급탕설비), Amount of hot water supply (급탕량), Apartment(공동주택)

ABSTRACT

The estimation of reasonable amount of domestic cold water and hot water supplies in apartment houses is very important for the economical design of domestic cold water and hot water supply system which include pumps, boilers, heat exchangers, and various water reservoirs. To suggest the model of predicting reasonable amount of domestic cold water and hot water supplies, residents and actual domestic cold water and hot water consumption have been investigated for 740 apartment houses in Seoul and Bun-Dang, Kyunggi-Do. The model is suggested as a function of exclusive area of the apartment house and results of the model show generally good agreement with published data.

기 호 설 명

Q_d : 1일 예상 급수량 [ℓ/day]
Q_{dh} : 1일 예상 급탕량 [ℓ/day]
Q : 1일 1세대당 필요 급수량 [ℓ/day · household]
Q_h : 1일 1세대당 필요 급탕량 [ℓ/day · household]
N : 사용인원수
q_d : 1인 1일 평균 사용 급수량 [ℓ/day · person]
q_{dh} : 1인 1일 평균 사용 급탕량 [ℓ/day · person]
q' : 위생기구별 1개당 1일 예상 사용 급수량 [ℓ/day · each]
q_h' : 위생기구별 1개당 1일 예상 사용 급탕량 [ℓ/day · each]
f : 위생기구수
P : 위생기구 동시 사용율

* 한성기압시스템(주)
** 경원대학교 기계설계학과

1. 서 론

생활수준의 향상 및 인구의 도시집중으로 인하여 우리나라의 주거형태중 공동주택(아파트)이 차지하는 비중은 날로 증가하고 점점 고밀도화

되어가고 있다. 공동주택의 급수 및 급탕설비는 공동주택내 거주자가 필요로 하는 냉수 및 온수를 충분한 양과 적절한 수압으로 공급해 주기 위한 설비로서 적정한 급수 및 급탕 사용량의 예측은 공동주택의 경제적인 급수 · 급탕 설비설계를 위한 관련 기기의 용량 산정에 중요한 설계기준이 된다. 그러나 현재 급수 · 급탕설비 설계시 적용되고 있는 급수 · 급탕량 산정방식은 미국의 ASNP(American Standard National Plumbing) Code나 일본의 HASS(Heating Air-conditioning and Sanitary Standard)에서 제시한 자료를 그대로 사용하거나 현장경험치에 의해 산출된 수치를 수십년 동안 그대로 사용하고 있어 급수 · 급탕량이 과대 또는 과소하게 산정됨으로써 급수 · 급탕 설비관련 기기의 과대 및 과소설계로 인한 건축비의 상승 및 충분한 물의 공급을 하지 못하는 문제점을 갖고 있는 실정이다. 건축물의 필요 급수 · 급탕량 산정에 관한 국내 연구[1-5]는 매우 빈약한 실정으로 건물의 용도별 및 지역에 따른 급수 · 급탕량의 실태조사 자료가 발표되었으나 자료의 부족으로 체계화되지 못하고 우리의 실정에 맞는 급수 · 급탕량 산정을 위한 모델이 제시되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 공동주택의 급수량 및 급탕량을 예측하기 위하여 서울과 경기도 분당신도시 지역의 아파트 740세대를 대상으로 전용면적별 거주인원수, 설치된 위생기구수, 월별 급수 사용량 및 급탕 사용량을 조사 분석하여 전용면적에 따른 예상 급수 · 급탕량을 산정할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

2. 급수 및 급탕량 산정방식

Fig. 1은 공동주택에 일반적으로 적용되고 있는 급수 · 급탕설비의 계통도를 나타내고 있다. 급수설비는 고가수조 방식으로 수수조, 양수펌프 및 고가수조로 시스템이 구성되어 있다. 급탕설비는 간접 가열방식의 중앙급탕방식을 보여주고 있으며, 보일러, 저탕조, 순환펌프 및 팽창탱크로 시스템이 구성되어 있다.

공동주택의 적정한 급수 및 급탕설비의 설계를 위해서는 실제 사용수량에 근접한 1일 예상 급수량 및 급탕량을 예측할 수 있어야 한다. 공동주택의 냉수 및 온수의 사용량은 거주자 수 및 연령분포, 거주자의 소득수준 및 물 사용습관, 지역

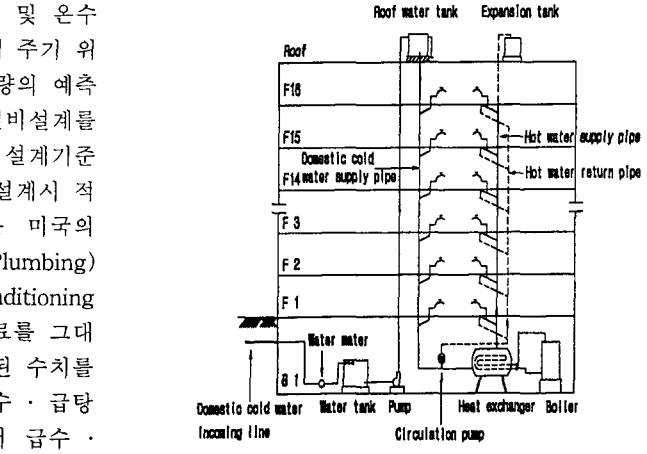

Fig. 1 Schematic drawing of domestic cold water and hot water supply system.

의 특성 및 기후, 적용하는 급수 및 급탕 기기 등에 따라 변할 수 있기 때문에 1일 필요 급수 · 급탕량을 정확히 예측하는 것은 그리 쉬운 일이 아니며, 장시간에 걸친 물 사용 실태조사를 통한 통계자료와 시기에 따른 보정이 이루어져야 한다. 일반적으로 1일 예상 급수량 및 급탕량의 산정은 식 (1)에 나타낸 것처럼 대상건물의 예상 사용 인원수와 1인 1일 평균 사용 수량을 기초로한 인원수에 의한 산정 방법과 식 (2)에 나타낸 것처럼 대상건물에 설치될 위생기구(급수, 급탕기구) 수와 각 위생기구의 1회사용시 사용수량 및 사용횟수에 기초한 기구수에 의한 산출방법이 있다.

$$Q_d(Q_{dh}) = N \times q(q_{dh}) \quad (1)$$

$$Q_d(Q_{dh}) = P \times \sum(q'(q_{h'}) \times f) \quad (2)$$

그러나 사용인원수(N), 1인 1일 평균 사용 급수량(q_d) 또는 급탕량(q_{dh}), 위생기구별 1개당 1일 예상 사용 급수(q') 또는 급탕량($q_{h'}$) 및 동시사용율(P)은 건물의 용도 및 사용자의 물 소비형태 등 다양한 요소에 영향을 받는 것으로 우리 실정에 맞는 자료가 필요하나 지금까지 국내의 실태조사 및 연구자료의 부족으로 체계화되어 있지 못하여 우리의 실정과는 큰 차이가 있는 미국이나 일본의 자료를 거의 수정 없이 적용하고 있는 실정이다. 1일 1인당 평균사용 급수 및 급탕량[6]

은 공동주택의 경우 160 ~ 250 ℓ/day·인 (급수경우)와 75 ~ 150 ℓ/day·인(급탕경우)로 적용범위가 넓게 주어져있어 실제 설계시 적용하는데 어려움이 많이 있다. 실무적으로는 각 설계사무소의 현장 경험치에 의하여 공동주택의 경우 각 세대의 크기에 관계없이 1세대당 1일 1,000 ℓ의 급수량과 350 ℓ의 급탕량을 사용하는 것으로 일률적으로 설계에 적용함으로서 공동주택의 평형에 따라서 경제적인 급수 · 급탕설비 설계가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 공동주택의 1일 필요 급수량 및 급탕량을 실제 사용수량에 근접하게 예측하기 위하여 서울과 분당 신도시지역의 740세대의 공동주택을 대상으로 물 사용량을 조사, 분석하고 세대의 전용면적을 기준으로 거주인원수와 1인 1일 평균 급수 또는 급탕 사용량을 수식화하여 설계시 비교적 쉽게 1일 급수 · 급탕량을 예측할 수 있는 인원수에 기초한 산정 모델을 제시하고자 한다.

3. 급수 · 급탕 사용량 실태조사

3.1 조사대상 아파트

서울 강동구에 1981년에 건설된 10개동 380세대와 성남시 분당구에 위치하며 1991년에 건설된 8개동 360세대를 조사대상 아파트로 선정하였다. 조사대상 공동주택은 18평형, 21평형, 33평형, 34평형, 47평형, 70평형등 다양한 크기의 세대가 포함되어 있으며, 저층 9개동 고층 8개동 초고층 1개동으로 구성되어 있다. Table 1은 조사대상 아파트의 내역을 나타내고 있다.

3.2 조사 시기 및 방법

조사대상 아파트의 규모별 급수 사용량 및 급탕 사용량은 1994년 6월부터 1995년 5월까지 1년간의 월별 급수 · 급탕 사용량 자료를 조사하였고 각 세대별 상시 거주인원수는 1995년 8월 30일부터 1995년 9월 2일까지 4일간 조사하였다. 세대별 급수사용량 및 급탕사용량은 세대내 설치된 유량계를 매월 검침한 자료이며, 세대별 상시거주인원수는 호별방문과 아파트 관리자의 협조로 조사되었다. 조사대상 아파트의 규모별 분양면적과 전용면적, 세대내 설치된 위생기구 수를

Table 1 Investigated apartments

	①	②	③	④	⑤ (㎡)	⑥ (㎡)	⑦	⑧ (Person/㎡)
Seoul	18	5	5	180	52.3	59.5	3.59	0.069
	34	5	10	200	83.7	112.4	3.98	0.048
Bun-Dang	18	2	5	66	49.4	59.5	3.21	0.065
	21	2	5	60	59.6	69.4	3.45	0.058
	33	1	29	114	84.6	109.1	3.71	0.044
	47	1	15	60	129.7	155.4	4.22	0.033
	70	2	15	60	193.4	231.4	5.23	0.027

① Type ② No. of Buildings
③ No. of Floors ④ No. of Households
⑤ Exclusive area ⑥ Norminal Area
⑦ Average residents
⑧ Residents per unit exclusive area

Table 1과 Table 3에 나타내고 있다.

4. 조사결과 분석 및 급수 · 급탕량 예측 모델

4.1 조사결과 분석

급수 사용량이라 함은 냉수 사용량과 온수(급탕) 사용량을 포함하는 것으로 본 논문에서는 편의상 냉수 사용량과 급수 사용량을 구분하여 사용하였으며 온수 사용량은 급탕 사용량을 의미한다. 조사대상 아파트의 각 세대별 월별 냉수 사용량 및 온수 사용량의 자료로부터 1일 평균 냉수 및 온수 사용량을 산출하였다. Fig. 2는 각 평형별 각 세대의 1일 평균 냉수 사용량의 연간 월별 사용실태를 보여주고 있다. Fig. 2에서 보인 것처럼 냉수 사용량은 하절기인 6, 7, 8월에 급증하며, 아파트의 평형이 커 질수록 냉수사용량이 증가함을 알 수 있다.

Fig. 3은 각 평형별 각 세대의 1일 평균 온수 사용량의 연간 월별 사용실태를 보여주고 있다. 온수의 사용량은 동절기인 11, 12, 1월에 급증하며, 역시 아파트의 평형이 커 질수록 온수의 사용량이 증가함을 알 수 있다.

Fig. 4는 각 평형별 각 세대의 냉수 사용량과 온수 사용량을 합친 1일 평균 급수 사용량의 연간 월별 사용실태를 보여주고 있다. 각 세대의 급수 사용량은 하절기인 6, 7, 8월에 급증하고 그 외의 달에는 일반적으로 일정한 소비량을 보이고 있다.

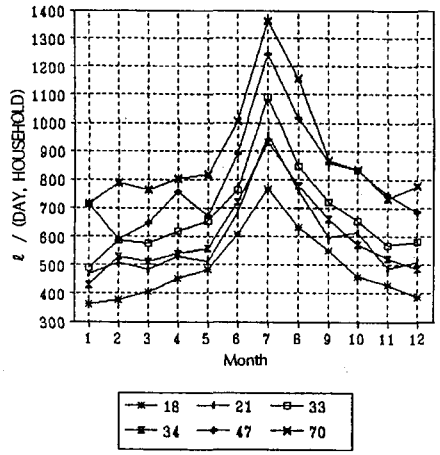

Fig. 2 Averaged cold water consumption per one day.

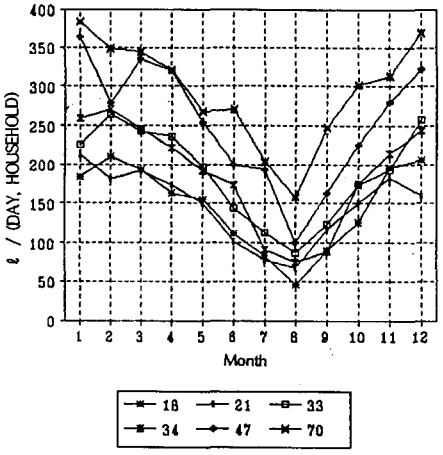

Fig. 3 Averaged hot water consumption per one day.

Table 2는 조사대상 아파트의 1세대 1일 실제 급수 사용량과 2절에서 설명한 기존의 예상 급수량 산정방법에 의한 결과를 비교하고 있다.

Table 2에서 인원수에 의한 방법은 식 (1)을 사용하고 이때 인원수 산정을 위하여는 연면적과 유효면적의 비를 48%로 하고 유효면적당 인원수를 0.16 인/㎡, 1인 1일당 급수량은 200 ℓ/day·인

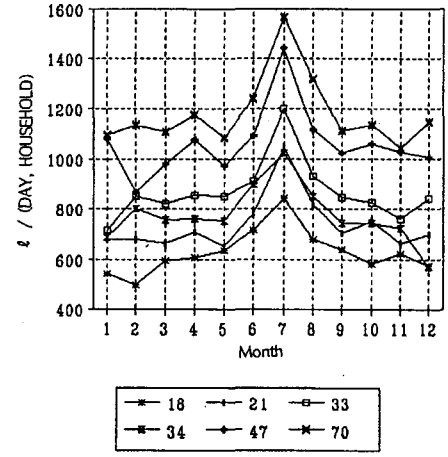

Fig. 4 Averaged domestic cold water consump -tion per one day.

Table 2 Comparisons predicted amount of do -mestic cold water supply with actual averaged domestic cold water consumption per one-household

	①	② (㎡)	③	④	⑤	⑥
Seoul	18	52.3	913	1,260	1,000	626.3
	34	83.7	1,726	1,260	1,000	798.6
Bun-Dang	18	49.4	913	1,260	1,000	686.7
	21	59.6	1,066	1,260	1,000	771.7
	33	84.6	1,675	1,694	1,000	982.2
	47	129.7	2,387	1,694	1,000	1,112.0
	70	193.4	3,554	1,694	1,000	1,126.5

① Type ② Exclusive Area
③ Prediction based on No. of Residents
④ Prediction based on Fixtures
⑤ Prediction by Simple Assumption
⑥ Actual Averaged Domestic Cold Water Consumption.

으로 계산하였다. 기구수에 의한 방법은 식 (2)를 사용하여 Table 3에 나타낸 각 평형별 위생기구수에 근거하여 산출하였고 설계사무소의 약식 방법은 일반적으로 실무에 사용하고 있는 1세대당 1000 ℓ/day·세대를 사용하였다.

Table 2에 나타낸 것처럼 기존에 사용되고 있는 산정방법들은 실제 사용수량과 많은 차이를 보이고 있다. 인원수에 의한 산정방법은 모든 평형에서 과대 설계되며, 특히 전용면적이 클수록 그 차이가 매우 커짐을 보이고 있다. 기구수에 의한

Table 3 Fixtures per one household

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Seoul	18	1	1	1	1	1	1
	34	1	1	1	1	1	1
Bun-Dang	18	1	1	1	1	1	1
	21	1	1	1	1	1	1
	33	2	1	2	1	2	1
	47	2	1	2	1	2	1
	70	2	1	2	1	2	1

① Type ② Lavatory
③ Washing Machine ④ Bathtub
⑤ Kitchen Sink ⑥ Water closet
⑦ Faucet.

산정방법은 실제 사용수량과 비교하여 볼 때 역시 과대 설계되며, 이는 각 세대에 설치된 설치기구의 1회 사용수량과 1일 사용횟수의 정확한 자료가 요구됨을 알 수 있다. 실무적으로 사용하는 설계사무소 약식방법은 전용면적 60 ㎡ 이하에서는 과대 설계되는 경향이 있고, 전용면적 60 ㎡ 이상에서는 과소 설계되는 경향이 있어 아파트의 평형에 따라 적정한 급수설비가 되지 못하는 문제점을 보일 수 있다. Table 4는 각 평형별 1세대당 1일 급탕(온수) 사용량과 2절에서 설명한 예상급탕량 산정방법에 의한 결과를 비교하고 있다. Table 4에 나타낸 것처럼 기존에 사용되는 예상 급탕량 산정방법의 결과는 실제 사용량 보다 매우 크게 예측되었음을 알 수 있으며, 실무적으로 사용되고 있는 설계사무소의 약식방법도 적은 평형에서는 2.5배 크게 산출되었으며 큰 평형으로 갈수록 실제 사용수량과 근접해짐을 보이고 있다. 따라서 기존에 사용되고 있는 아파트 건물의 1일 예상 급수량 산정방법과 1일 예상 급탕량 산정방법은 우리 나라의 실정에 맞게 보완될 필요가 있음을 알 수 있다.

4.2 급수 급탕량 산정 모델

본 연구에서는 비록 수도권지역에 제한된 자료이긴 하나 조사 대상 아파트의 냉수 및 온수 사용량 자료의 분석 결과를 토대로 아파트의 전용면적을 기준으로 전용면적별 평균 거주인원수와 전용면적별 1인 평균 1일 급수 및 급탕 소비량을 분석하여 식 (2)의 인원수에 의한 산정 모델을

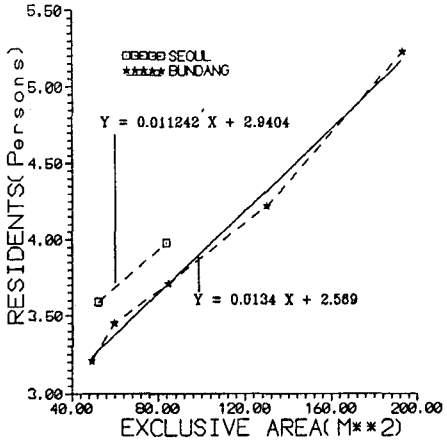

Fig. 5 Average residents vs. exclusive area of household.

개선하여 실제 사용수량에 근접한 예상 급수 및 급탕량 산정방법을 제시하고자 한다.

Table 1에 나타낸 조사대상 아파트의 전용면적당 평균 거주 인원수(N) 및 단위 전용면적당 거주 인원수(n)를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 5에서 처럼 전용면적당 평균 거주 인원수는 전용면적이 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하고 있으며, 같은 전용면적에서 서울지역 아파트의 거주 인원 수가 분당지역의 거주 인원 수보다 많은 것은 두 지역의 소득수준이나 생활 수준의 차이를 반영한 것으로 사료된다.

Fig. 6에 나타낸 것처럼 단위 전용면적당 거주 인원수(n)는 전용면적이 증가함에 따라 전용면적의 Power 함수로 감소하고 있다. 결국 ASNP Code의 인원수에 의한 급수 · 급탕량 산정 방식에서는 아파트의 경우 크기에 관계없이 단위 유효면적당 0.16 인/㎡를 사용하여 거주 인원수를 예측하는데, 이것을 Fig. 6과 비교해 보면 거주인원수의 예측방법이 합리적이지 못함을 알 수 있고, 특히 전용면적이 큰 아파트일수록 거주 인원수가 크게 산정되어 예상 급수 · 급탕량이 과대하게 설계될 수 있음을 볼 수 있다. 제한된 자료(분당 일부지역)에 국한되지만, 전용면적에 대한 거주 인원수를 조사된 자료(*표시)에 근거한 회귀곡선(Regression line)으로 수식화 하면 Fig. 5에 나타낸 것처럼 식 (3)과 같이 전용면적의 일

차 함수로 나타낼 수 있다.

Fig. 7은 분당지역 조사대상 아파트의 전용면적에 따른 1인 평균 1일 급수 사용량을 나타내고 있다. Fig. 7의 * 표시는 본 논문에서 조사된 1인 평균 1일 급수 사용량(q_d)이며, 곡선은 조사된 Data에 근거한 회귀곡선으로 식 (4)와 같이 전용면적(X)의 3차 함수로 수식화할 수 있다.

$$N = 0.0134\ X + 2.569 \qquad (3)$$

Table 4 Comparisons predicted amount of hot water supply with actual averaged hot water consumption per one-house-hold

	①	② (㎡)	③	④	⑤	⑥
Seoul	18	52.3	502.0	742.5	350	141.7
	34	83.7	949.5	742.5	350	189.9
Bun-Dang	18	49.4	502.0	742.5	350	149.2
	21	59.6	586.5	742.5	350	154.3
	33	84.6	922.0	1,365	350	190.0
	47	129.7	1,312.6	1,365	350	260.0
	70	193.4	1,954.9	1,365	350	295.0

① Type ② Exclusive Area
③ Prediction based on No. of Residents
④ Prediction based on Fixtures
⑤ Prediction by Simple Assumption
⑥ Actual Averaged Domestic Cold Water Consumption.

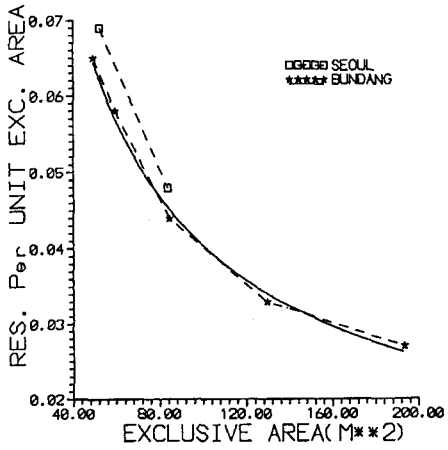

Fig. 6 Average residents per one exclusive area vs. exclusive area of household.

$$q_d = 0.000074X^3 - 0.0376X^2 + 5.523X + 19.7 \qquad (4)$$

Fig. 7과 같이 1인 평균 1일 급수 사용량은 전용면적의 크기에 따라 달라지며, 약 100㎡ 까지는 상승하다가 그 이상에서는 감소하는 결과를 보이고 있다.

공동주택의 적절한 예상 급수량을 산출하기 위하여는 아파트의 상시 거주인원수(N)와 그 거주인의 1인당 하루 급수량(q_d)를 정확히 예측할 수 있다면 식 (1)에 의해 산출할 수 있다. 결국 전용면적당 거주 인원수를 예측하는 실험식인 식 (3)과 전용면적에 따른 거주 인원 1인당 하루 평균 급수 소비량을 예측하는 실험식인 식 (4)를 사용하여, 식 (5)와 같이 인원수에 기초한 1일 1세대당 필요 급수량(Q(ℓ/1일·1세대))를 산출할 수 있다.

$$Q = (0.0134X + 2.569) \times (0.000074X^3 - 0.00376X^2 + 5.523X + 19.7) \qquad (5)$$

본 연구에서 제시한 1일 1세대당 필요 급수량 예측 모델인 식 (5)의 타당성을 알아보기 위하여 Fig. 8은 1일 1세대당 필요 급수량을 예측하기 위한 실험식인 식 (5)의 결과(— 표시)와 실제 사용 수량(* 표시) 및 김홍수 자료[3](o 표시)를 비교하여 나타내고 있다. 아파트를 분양할 때 전용면적만 알면 필요 급수량을 예측할 수 있으며, Fig. 8에 나타난 것처럼 비교적 실제 급수 사용량과도 잘 일치하고 있다. 또한, 김홍수의 1990년~1992년 사이 서울권 아파트의 평형별 1세대당 1일 평균 급수 사용량의 조사결과와도 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 9는 분당지역 조사대상 아파트의 전용면적에 따른 1인 1일당 급탕 사용량을 나타내고 있다. Fig. 9에서의 * 표시는 본 논문에서 조사된 각 평형별 1인 1일당 급탕 사용량(q_{dh})이며, 곡선은 조사된 Data에 근거한 회귀곡선으로 전용면적(X)의 2차 함수 (식(6))로 수식화할 수 있다. 단 식 (6)은 전용면적 59.6㎡부터 193.4 ㎡의 Data만을 사용하였다. 1인 1일당 급탕 사용량(q_{dh})은 Fig. 9와 같이 전용면적(X)의 크기에 따라 달라지며, 150㎡까지는 상승하다가 그 이상에서는 감소하는 결과를 보이고 있다.

$$q_{dh} = 0.00228X^2 + 0.671X + 12.08 \qquad (6)$$

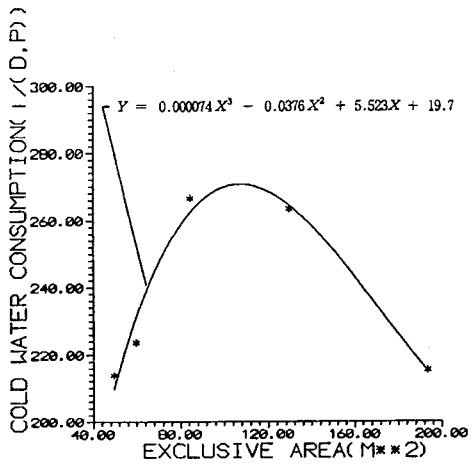

Fig. 7 One-day domestic cold water consum -ption per one person vs. exclusive area of household.

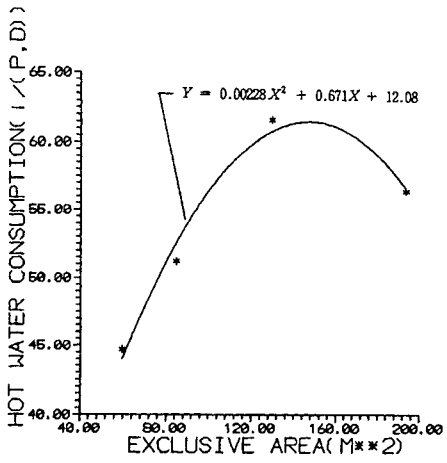

Fig. 9 One-day hot water consumption per one person vs. exclusive area of household.

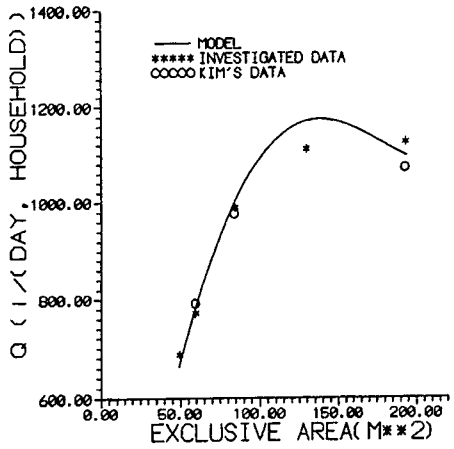

Fig. 8 Comparisons the results of predicted model for one-day domestic cold water consumption per one household with published data.

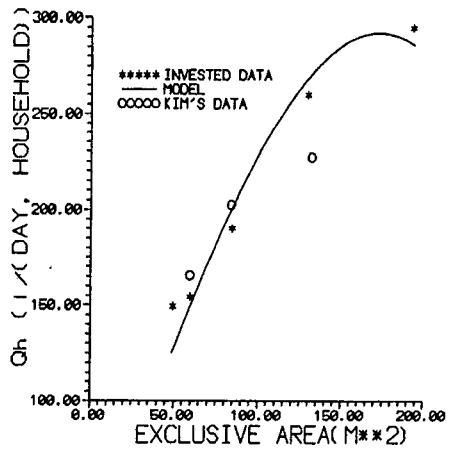

Fig. 10 Comparisons the results of predicted model for one-day hot water con -sumption per one household with published data.

공동주택의 적절한 예상 급탕량을 산출하기 위하여 식 (1)에 의해 전용면적당 거주 인원 수(N)을 예측하는 실험식인 식 (3)과 전용면적에 따른 거주 인원 1인 1일당 급탕 소비량을 예측하는 실험 식 (6)을 사용하여 식 (7)과 같이 실제 사용 수량과 유사한 1일 1세대당 필요 급탕량 (Q_h(ℓ/1일 · 1세대))를 산출할 수 있다.

$$Q_h = (0.0314X + 2.569) \times (0.00228X^2 + 0.671X + 12.08) \quad (7)$$

Fig. 10은 1일 1세대당 필요 급탕량을 예측하기 위한 실험식인 식 (7)의 결과(— 표시)와 실제 사용 수량(* 표시) 및 김홍수 자료[3](o 표시)를 비교하여 나타내고 있다. 비록 실험식이 복잡하지만 아파트를 분양할 때 일반적으로 전용면적을 사용함으로 설계시 전용면적만 알면 필요 급탕량을 예측할 수 있으며, Fig. 10에 나타난 것처럼 비교적 실제 급탕량과도 잘 일치하고 있다. 또한, 김홍수의 1990년~1992년 사이 서울권 아파트의 평형별 1세대당 1일 평균 급탕 사용량의 조사결과와의 비교도 전용면적 140 ㎡를 제외하고는 비교적 본 논문에서 제시한 모델의 결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 공동주택의 급수설비 및 급탕설비 설계를 위하여 서울 및 분당지역의 740세대 아파트를 대상으로 전용면적에 따른 거주 인원수 및 실제 급수 · 급탕 사용량을 조사하였다. 또한 ASNP Code에 의한 급수 · 급탕량 산정방법 및 설계 사무소의 약식 산정방법등과의 비교, 분석을 통하여 우리 실정에 맞는 적정 급수 · 급탕량 산정 모델의 필요성을 제시하였으며, 전용면적에 따른 상시 거주인원 수와 1인 1일 평균 급수, 급탕 사용량을 분석하여 전용면적의 함수로 수식화한 후 인원수에 기초한 급수, 급탕량 산정방식에 따라서 각세대별 1일 급수, 급탕량을 산정할 수 있는 모델을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 급수, 급탕량 산정 모델의 결과는 타 논문의 조사결과와도 비교적 잘 일치됨을 보였다. 본 논문에서 사용한 자료는 극히 일부지역(수도권)의 자료에 불과하기 때문에 새로이 제안된 각 세대별 1일 급수 및 급탕량 산정 모델은 적정 급수량 및 급탕량을 예측하기 위한 방법적 제시를 한 것으로 향후 보다 다양한 지역과 다양한 전용면적에 대한 자료를 통하여 본 논문의 모델을 개선한다면, 보다 일반적이고 우리 나라 실정에 맞는 급수· 급탕량을 예측함으로서 경제적인 급수 · 급탕설비 설계를 위해 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김명식, 1990, 건축물의 적정 급수량 산정을 위한 사용 수량 조사연구, 석사학위논문, 한양대학교 .
2. 이석주, 1991, 건축물 용도별 급수 사용량 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교
3. 김홍수, 김종엽, 1994, 아파트의 적정 급수 급탕량 실태조사, 공기조화·냉동공학회, 위생부문 강연회, pp. 15-38.
4. 황용연, 1985, 사무소 건축 및 공동주택 (아파트) 건물에서의 사용 수량에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교
5. 유남구, 1983, 급수설비계획을 위한 주거의 사용 수량에 관한 연구, 석사학위논문, 전북대학교.
6. 공기조화 냉동위생공학 편람, 제4권, 공기조화냉동공학회, 1994.