

# 공동주택단지에 설치된 부스터펌프 급수설비계통의 유동 특성

오 양 균, 정 재 봉\*, 박 미 라\*\*, 차 동 진†

(주)계룡건설산업, \*한밭대학교 건축설비공학과, \*\*한일엠이씨

## Flow Characteristics of a Water Supply System with Booster Pumps for an Apartment Complex

Yang-Gyun Oh, Jae-Bong Jeong\*, Mi-Ra Park\*\*, Dong-Jin Cha†

*Kyeryong Construction Industrial Co., Ltd, Daejeon 302-717, Korea*

*\*Dept. of Building Services Engineering, Hanbat National University, Daejeon 305-719, Korea*

*\*\*HIMEC (HANILMECH.ELEC.Consultans), Seoul, 150-103, Korea*

**ABSTRACT:** Water flow characteristics of an apartment complex consisting of 12 buildings and 635 units in total have been investigated numerically. The complex incorporates two zone booster pump water supply system, and some units have pressure reducing valves in them. Input data to a commercial code Flowmaster7 include survey results on the water usage for the last three years, dimension of the water supply system and its operation condition, etc. Calculated static pressures at the inlet of all units are compared with their design and measured counterparts, and they agree quite well with each other. Then, the pressure distributions and volumetric flow rates at all 635 units are estimated. Flow balancing is also attempted by varying the ratio of angle valve of each unit to improve the non-uniformity of flows.

**Key words:** Apartment complex(공동주택단지), Booster pump(부스터 펌프), Building services(건축설비), Flow balancing(유동 밸런싱), Water supply system(급수설비계통)

### 1. 서론

건축물 내 급수방식은, 상수도직결방식, 고가탱크방식, 압력탱크방식 및 펌프직송방식 등이 일반

적으로 사용된다.<sup>(1)</sup> 기존의 공동주택에는 고가탱크 방식이 주로 사용되었으나 고가탱크를 설치·운용하는데 수반되는 여러 문제점(예를 들면, 필요한 공간 확보, 강화된 구조, 수원의 위생관리 등)으로 인해 펌프직송방식(또는 탱크없는 부스터(booster)방식, 탱크없는 압송방식)으로 대체되는 추세이다. 이 방식은 상수를 지하 저수탱크에 일시 저수한 후 저수된 물을 첨단 제어기술에 의한 급수가압펌프(부스터펌프)로 필요한 장소 및 시간

† Corresponding author

Tel: 042-821-1182 ; fax: 042-821-1175

E-mail address: djcha@hanbat.ac.kr

에 직송하게 된다. 급수관 내의 압력 또는 유량을 감지하여 펌프의 대수를 제어하거나 회전수를 제어하며, 또는 두 방법을 병용하기도 한다.

건축물이 대형화, 고층화함에 따라 예상되는 계통내의 과도한 수압에 의한 제반 문제점을 해결하기 위해 급수설비계통을 조닝(zoning)하거나 감압밸브(PRV, pressure reducing valve)를 사용하여 급수압력을 적정히 유지하여야 한다. 그러나 경제성 확보를 위해 대개 저층부, 고층부의 두 개의 존으로 구획하고 있고 모든 층에 PRV를 설치하지 않고 있기 때문에 동일존에서도 저·고층 세대의 수압불균형 문제는 여전히 남게 된다.

본 연구에서는 공동주택단지 내 전 12개동을 대상으로 기계실을 중심으로 각동의 거리 및 고도차, 또한 동일 동내 상, 하층의 고도차에 의한 수압 불균형 현상에 의한 공동주택에서의 급수유동의 특성을 조사하였다. 또한, 전술한 수압불균형을 개선 할 수 있는 가능성을 조사하였다.

## 2. 급수설비계통 및 수치해석용 관로망

대전지역에 위치하고 12동 635세대로 구성된 공동주택단지의 급수설비계통을 대상으로 연구를 수행하였다. 기계실에서 12개동으로 연결되는 급수계통은 지하 1층 주차장에 설치된 횡주배관을 통해 각동의 급수계통으로 연결된다. 기계실에는 지하저수조(498톤 2대)와 저층용 및 고층용 부스터펌프시스템(각 4대)이 설치되어 있다.

각 동별로 층수, 세대수, 및 세대별면적(평형)이 다르나, 대표적으로 기계실에서 가장 가까운 1107동의 급수 계통은 Fig. 1 과 같다. 1층에서 9층까지는 저층용 급수계통이, 10층에서 17층까지는 고층용 급수계통이 급수를 분담하며 각각 상향식으로 공급된다. 층별 정수두 차이를 보완하기 위해 상대적으로 높은 압력이(약  $3 \text{ kgf/cm}^2$  또는  $0.3 \text{ MPa}$ ) 예상되는 층에는 PRV(YPRC-8LI형)를 세

대별 인입부에 설치하였다.

Figures 2 는 모델 공동주택단지 급수설비계통의 유동해석을 위해 사용한 Flowmaster7 관로망 중 대표적으로 1107동의 계통을(잔여 11개동은 지면관계상 미표기) 나타낸다. Figures 2(b) 는 감압밸브가 설치된(예, 1107동 17층 우측세대) 세대, Fig. 2(c) 는 설치되지 않은(예, 1107동 7층 우측세대) 세대의 급수배관계통을 나타내고 있다.

부스터펌프시스템의 공급압력이 일정한 것으로 가정하여 압력원(pressure source) 컴포넌트를 저층용 및 고층용으로 사용하였고, 각 세대의 말단수전의 압력도 일정한 것으로 가정하여 압력원 컴포넌트를 각세대마다(예, C, Fig. 2) 설치하였다. Figure 2에는 관로망을 구성하는 기타 요소들도(예, 파이프(D 및 J), 앵글밸브(F), 티(K), 레듀샤(L), 플러그(M)) 상용코드의 표준컴포넌트를 사용하고 있음을 보이고 있다. PRV는 표준컴포넌트가 존재하지 않아 세 개의 표준 컴포넌트(G, H 및 I)와 사용자 코드로 개발하여 사용하였다. 추가적인 유동저항을 발생시키는 이산손실(DL, Discrete Loss)컴포넌트를(E, N 및 O) 사용하여 수치해석 결과를 튜닝하였다.

## 3. 수치실험 결과 및 고찰

공동주택단지에 설치된 급수설비계통 내의 1차원 유동 해석을 위해 특성법(method of characteristics)<sup>(2,3)</sup> 상용코드인 Flowmaster7<sup>(4,5)</sup>을 활용하였다. 저층부 부스터 펌프시스템의 입구 측은 단지의 운전조건인  $7.68 \text{ kgf/cm}^2$ (또는  $0.753 \text{ MPa}$ ), 그리고 고층부는  $9.21 \text{ kgf/cm}^2$ (또는  $0.903 \text{ MPa}$ )로, 출구측은 각종기구의 평균 필요수압인<sup>(1)</sup>  $0.7 \text{ kgf/cm}^2$  (또는  $0.070 \text{ MPa}$ ) 로 입력하였다. 여타 입력데이터는 각 컴포넌트의 입력데이터(예, 관경, 관 길이, 조도 등 - 실제 데이터 입력), 노드 점수직높이, 급수온도( $20^\circ\text{C}$ ) 등이다.

우선 전 635세대의 인입부 앵글밸브를 전폐하여 유동이 없도록 하고 각동의 이산손실 컴포넌트(N

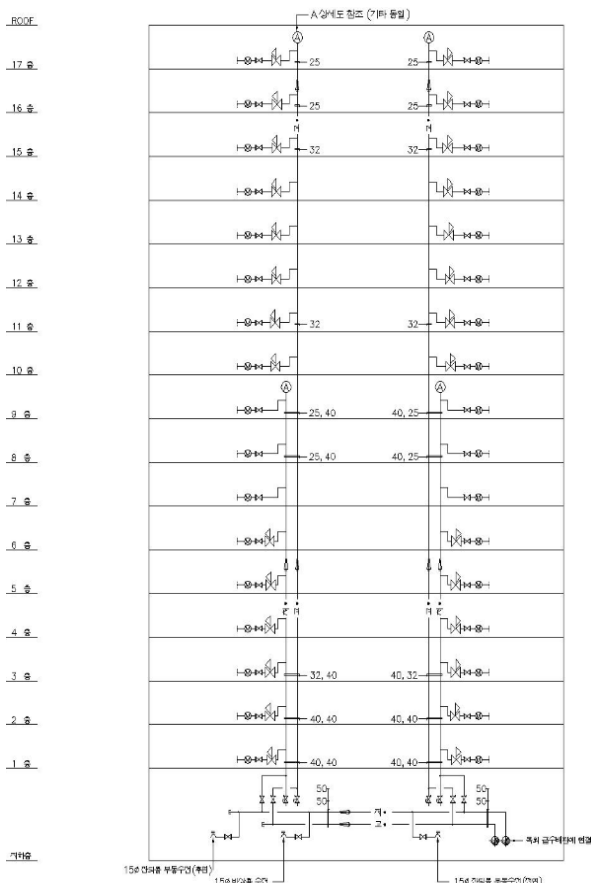


Fig. 1 Water supply system in Bldg. 1107.

및 O, Fig. 2(a))의 손실계수를 조정하여 각 세대의 인입부에서의 정수두를 계산하고 설계치와 비교하였다. Table 1은 6개 동 전 층의 우측세대에서의 정수두를 -계산치 및 설계치- 나타내고 있다 (잔여 6개동은 미표시). 표의 설계치( $P_{De}$ )를 살펴보면, 층별 수압의 불균일성을 해소하기 위해 조닝을 실시하였으나, 여전히 층별 수두차가 존재하고 동별 고도차 효과가 가중되어 최대 정수두는  $0.63 \text{ MPa}$ (1107동 1F, 절대압력)로, 최소 정수두는  $0.22 \text{ MPa}$ (1102동 18F, 절대압력)로 큰 차이가 발생하고 있다. (주: 정수두가  $0.4 \text{ MPa}$  (절대압력)이 예상되는 세대는 PRV 시공(총 635세대 중 321세대)). 수치실험 결과는 표의 계산치( $P_{Ca}$ )에 나타난바와 같이 설계치와 동일한 경향을 보이며

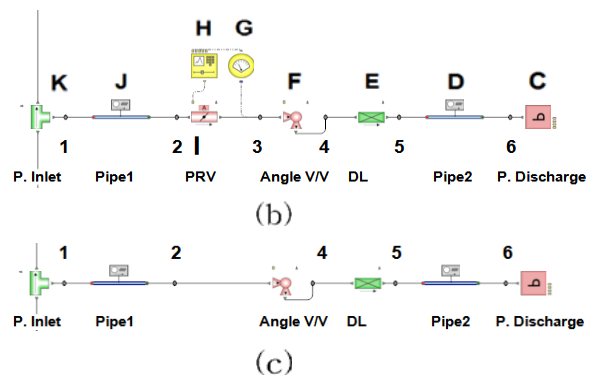
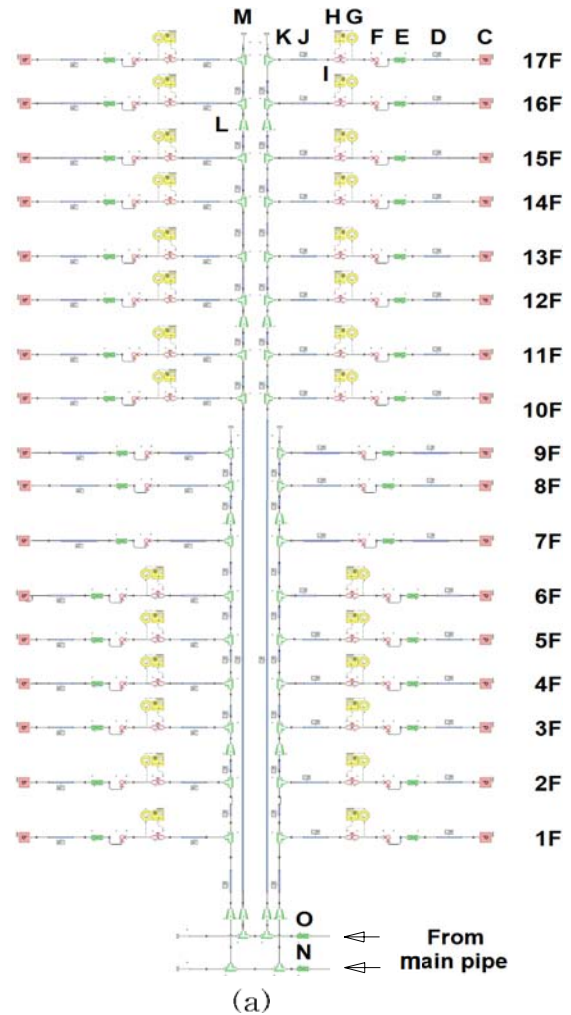


Fig. 2 Flowmaster7 network (a) for Bldg. 1107, (b) for a unit with PRV(17F), and (c) for a unit without PRV(7F).

Table 1 Comparison of designed and calculated pressures in MPa of six buildings among 12.

FL.	1101				1102				1103				1104				1105				1106			
	$P_{De}$	$P_{Ca}$	$P_{Di}$	(%)	$P_{De}$	$P_{Ca}$	$P_{Di}$	(%)	$P_{De}$	$P_{Ca}$	$P_{Di}$	(%)	$P_{De}$	$P_{Ca}$	$P_{Di}$	(%)	$P_{De}$	$P_{Ca}$	$P_{Di}$	(%)	$P_{De}$	$P_{Ca}$	$P_{Di}$	(%)
1																								
2	0.53	0.50	0.03	5.7	0.50	0.50	0.00	-0.3	0.52	0.52	0.00	0.2	0.52	0.52	0.00	0.1	0.55	0.53	0.02	3.5	0.56	0.54	0.03	4.5
3	0.51	0.48	0.03	5.8	0.47	0.48	0.00	-0.6	0.49	0.49	0.00	-0.1	0.50	0.50	0.00	-0.2	0.52	0.50	0.02	3.5	0.54	0.51	0.02	4.5
4	0.48	0.45	0.03	5.8	0.45	0.45	0.00	-0.9	0.47	0.47	0.00	-0.4	0.47	0.47	0.00	-0.5	0.50	0.48	0.02	3.4	0.51	0.49	0.02	4.4
5	0.45	0.43	0.03	5.8	0.42	0.43	-0.01	-1.4	0.44	0.44	0.00	-0.7	0.44	0.45	0.00	-0.9	0.47	0.45	0.02	3.2	0.48	0.46	0.02	4.4
6	0.43	0.40	0.02	5.8	0.39	0.40	-0.01	-1.8	0.41	0.42	0.00	-1.1	0.42	0.42	-0.01	-1.3	0.44	0.43	0.01	3.1	0.45	0.43	0.02	4.3
7	0.40	0.37	0.02	5.8	0.37	0.37	-0.01	-2.4	0.38	0.39	-0.01	-1.6	0.39	0.40	-0.01	-1.7	0.42	0.40	0.01	2.9	0.43	0.41	0.02	4.2
8	0.37	0.35	0.02	5.8	0.34	0.35	-0.01	-3.0	0.36	0.36	-0.01	-2.2	0.36	0.37	-0.01	-2.3	0.39	0.38	0.01	2.8	0.40	0.38	0.02	4.1
9	0.34	0.32	0.02	5.9	0.31	0.32	-0.01	-3.8	0.33	0.34	-0.01	-2.8	0.34	0.34	-0.01	-2.9	0.36	0.35	0.01	2.5	0.37	0.36	0.01	4.0
10	0.44	0.44	0.00	0.2	0.44	0.43	0.01	1.2	0.46	0.46	0.00	-0.6	0.46	0.46	0.00	-0.3	0.49	0.48	0.00	0.6	0.50	0.49	0.01	1.8
11	0.42	0.42	0.00	-0.2	0.41	0.41	0.00	0.9	0.43	0.43	0.00	-1.0	0.43	0.44	0.00	-0.6	0.46	0.46	0.00	0.3	0.47	0.46	0.01	1.6
12	0.39	0.39	0.00	-0.6	0.38	0.38	0.00	0.6	0.40	0.41	-0.01	-1.4	0.41	0.41	0.00	-1.0	0.43	0.43	0.00	-0.1	0.44	0.44	0.01	1.3
13	0.36	0.36	0.00	-1.0	0.36	0.36	0.00	0.2	0.37	0.38	-0.01	-1.9	0.38	0.38	-0.01	-1.5	0.41	0.41	0.00	-0.4	0.42	0.41	0.00	1.1
14	0.33	0.34	-0.01	-1.6	0.33	0.33	0.00	-0.2	0.35	0.36	-0.01	-2.5	0.35	0.36	-0.01	-2.0	0.38	0.38	0.00	-0.9	0.39	0.39	0.00	0.8
15	0.32	0.31	0.00	1.0	0.30	0.30	0.00	-0.7	0.32	0.33	-0.01	-3.2	0.33	0.33	-0.01	-2.7	0.35	0.36	0.00	-1.4	0.36	0.36	0.00	0.4
16	0.31	0.29	0.02	6.7	0.27	0.28	0.00	-1.4					0.30	0.31	-0.01	-3.5					0.33	0.33	0.00	0.0
17					0.24	0.25	-0.01	-2.2					0.27	0.28	-0.01	-4.4					0.31	0.31	0.00	-0.6
18					0.22	0.22	-0.01	-3.2																
$P_{Avg}$	0.40	0.39			0.36	0.37			0.42	0.42			0.40	0.40			0.45	0.44			0.44	0.42		
$P_{Std}$	0.07	0.06			0.08	0.08			0.07	0.06			0.07	0.07			0.07	0.06			0.07	0.07		
$\frac{P_{Std}}{P_{Avg}}(\%)$	16.92	16.00			21.98	21.32			16.39	15.30			18.28	17.14			15.26	14.20			16.68	15.55		

1107동(최대 13.3%)을 제외하면 최대 6.7% 이내에서 일치된 결과로 보이고 있어 수치실험 결과가 타당한 것을 알 수 있다.

### 3.1 공동주택 단지 급수설비계통의 유동특성

대상 공동주택단지의 최근 3년간 사용 수량을 월 별, 평형별로 조사하였으며, 대표적으로 2006년 조사결과를 사용하였다. 연간 총사용 수량 152,196톤으로 일평균사용량은 약 417 t/d 또는 290 lpm 이 된다. 연속사용 시 평형별 평균사용 수량은 80, 125, 152 및 204 m<sup>2</sup>에 대하여 각각 0.348, 0.493, 0.489 및 0.550 lpm 이 된다. 본 연구에서는 물을 연중 연속하여 사용하지 않고 세대별 동시사용이 이루어 지지 않는 특성을 고려하는 비정상 유동 해석보다는 급수설비계통의 설계 관점에서 정상 유동을 고려하였고, 전 635 세대의 일일 사용시간을 24시간 중 4시간 30분 정도로 가정하여 연속사용시간 중 총수량을 조사된 일일 사용량의 약 5.5배인 1600 lpm 로 가정하였다.

전술한 정수두 검증용 수치실험의 조건에서 각 세대의 앵글밸브를 모사하는 "F" 컴포넌트(Fig.

2)의 손실계수를 동일하게 조정하여 총수량이 약 1599 lpm 이 되도록 하였다. 이때 평형에 무관하게 결정된 세대별 평균수량은 약 2.52 lpm 이다.

Figure 3은 평형별로 조사된 단위세대 급수계통에서의 압력 변화 중 80 m<sup>2</sup>의 결과를 나타내고 있다(밸런싱 전, 나머지 평형의 결과는 미표시). 그림에서 노드 번호는 Fig. 2(b) 또는 2(c)의 노드 번호와 일치한다. PRV가 없는 세대(좌측), 감압밸브가 있으나 1차측 압력이 PRV의 설정 압력과 같거나 다소 큰 세대(중앙), 감압밸브가 있고 1차측 압력이 충분히 큰 세대(우측)의 결과를 나타낸다.

좌측 결과에서는 인입부 압력이 앵글밸브의 만개로 인해 추가유동저항에 의해서만 강하되는 결과를 볼 수 있고, 중간 결과는 인입부 압력의 크기에 따라 PRV의 역할이 다소 있거나 거의 없는 압력분포를 보이고, 우측 결과는 인입부 압력이 충분히 커서 PRV 후단은 설정된 2차측 압력으로 유지되는 것을 볼 수 있다.

Table 2의 각 동별 첫칸 결과( $F_{Be}$ )는 층별(우측 세대 기준 6개동 결과만 표시) 수량을 나타낸 것으로, 동별 평균치는 2.37(1102동)~2.57(1105동)

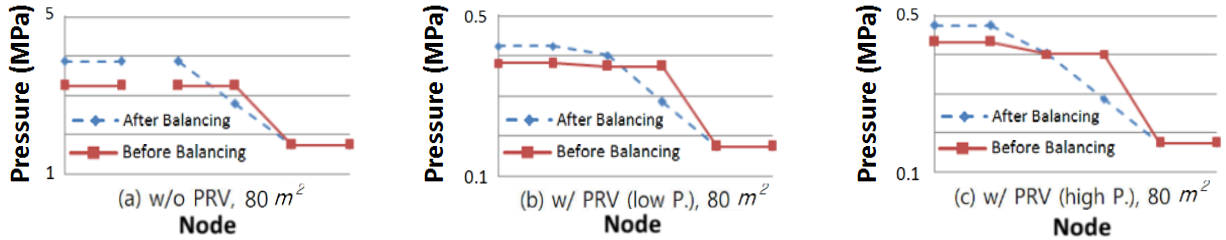


Fig. 3 Pressure distribution along the system in 80 m<sup>2</sup> units with different conditions of PRV.

lpm 의 범위에 있다. 층별 수압 불균형에 의한 수량 편차는 0.15(1105동, 1108동)~0.52(1102동) lpm 의 범위에 있는 것을 알 수 있었다. 각 동별 수량평균치에 대한 편차의 비는 대개 13% 이하로써(1102동의 약 22% 제외) 비교적 양호한 균일도를 보였고, 이는 PRV를 채용한 세대가 많아서 층별 정수두차에도 불구하고 균일한 급수압을 유지한 세대가 많았기 때문으로 분석된다. 동별 비교를 하면, 18층, 80 m<sup>2</sup> 세대로 구성된 1102동이 가장 낮은 수량(2.37 lpm)과 높은 편차(0.52 lpm)를 보임을, 1105동 및 1108동이 높은 수량과 균일도를 보임을 알 수 있었다.

### 3.2 유동밸런싱

전 절에서는 모든 세대의 인입부 앵글밸브를 동일하게 전개하여 주로 동별, 층별 정수두 차와 PRV 유무에 따른 각 세대의 유동 특성을 조사하였고, 본 절에서는 전 635세대에 대하여 앵글밸브 개도를 변경하는 유동 밸런싱을 실시하여 평형별로 동일한 가용 공급수량을 갖는 조건을 찾아보려 하였다. 평형별 연간 사용수량과 축소된 연속 사용시간(24시간 중 4.5시간)을 고려하면 평형별 평균 사용수량은 80, 125, 152 및 204 m<sup>2</sup>에 대하여 각각 1.879, 2.622, 2.641 및 2.970 lpm 이다.

각 세대의 앵글밸브에 흐르는 유량을 해당 평

Table 2 Comparison of predicted water supplies to each unit in lpm, of six buildings among 12.

FL.	1101				1102				1103				1104				1105				1106			
	F <sub>Be</sub>	F <sub>AF</sub>	F <sub>Di</sub>	(%)	F <sub>Be</sub>	F <sub>AF</sub>	F <sub>Di</sub>	(%)	F <sub>Be</sub>	F <sub>AF</sub>	F <sub>Di</sub>	(%)	F <sub>Be</sub>	F <sub>AF</sub>	F <sub>Di</sub>	(%)	F <sub>Be</sub>	F <sub>AF</sub>	F <sub>Di</sub>	(%)	F <sub>Be</sub>	F <sub>AF</sub>	F <sub>Di</sub>	(%)
1									2.51	2.06	0.44	17.7					2.61	2.09	0.51	19.7				
2	2.61	1.83	0.78	29.8	2.61	1.83	0.78	29.8	2.51	2.06	0.44	17.7	2.61	2.09	0.52	19.9	2.61	2.09	0.51	19.7	2.50	2.14	0.36	14.5
3	3.00	1.98	1.02	33.9	3.14	2.03	1.11	35.4	2.51	2.07	0.44	17.7	2.61	2.09	0.52	19.9	2.61	2.09	0.51	19.7	2.61	2.16	0.44	17.0
4	2.87	1.94	0.92	32.2	3.01	1.99	1.02	33.9	2.81	2.25	0.57	20.1	2.97	2.29	0.68	22.9	2.61	2.10	0.51	19.7	3.04	2.42	0.61	20.2
5	2.73	1.90	0.83	30.3	2.89	1.95	0.93	32.3	2.69	2.19	0.50	18.7	2.84	2.23	0.61	21.4	2.88	2.25	0.63	21.7	2.91	2.36	0.55	19.0
6	2.59	1.86	0.73	28.2	2.75	1.91	0.84	30.5	2.56	2.12	0.44	17.2	2.71	2.17	0.54	19.8	2.75	2.19	0.56	20.2	2.78	2.29	0.49	17.7
7	2.44	1.81	0.63	25.8	2.61	1.87	0.74	28.5	2.43	2.05	0.37	15.4	2.57	2.10	0.46	18.1	2.61	2.12	0.49	18.7	2.64	2.21	0.43	16.4
8	2.28	1.76	0.53	23.0	2.46	1.82	0.65	26.2	2.28	1.97	0.31	13.5	2.41	2.02	0.39	16.1	2.46	2.04	0.42	17.1	2.49	2.12	0.37	15.0
9	2.11	1.70	0.41	19.6	2.30	1.76	0.55	23.7	2.12	1.89	0.24	11.2	2.25	1.94	0.31	13.9	2.30	1.95	0.35	15.3	2.34	2.02	0.31	13.4
10	2.60	1.83	0.77	29.7	2.60	1.83	0.76	29.5	2.51	2.06	0.44	17.7	2.61	2.09	0.52	19.9	2.61	2.09	0.51	19.7	2.61	2.16	0.44	17.0
11	2.56	1.83	0.73	28.6	2.54	1.83	0.71	27.9	2.50	2.06	0.43	17.3	2.60	2.09	0.51	19.6	2.61	2.10	0.51	19.7	2.61	2.16	0.44	17.0
12	2.47	1.83	0.65	26.1	2.43	1.82	0.61	25.1	2.44	2.06	0.38	15.7	2.55	2.09	0.46	18.2	2.61	2.09	0.52	20.1	2.61	2.17	0.45	17.1
13	2.35	1.81	0.54	23.0	2.32	1.72	0.60	25.8	2.34	2.01	0.32	13.9	2.45	2.05	0.40	16.4	2.56	2.07	0.49	19.2	2.58	2.14	0.43	16.8
14	2.22	1.71	0.51	23.0	2.15	1.66	0.49	22.9	2.20	1.91	0.30	13.5	2.32	1.95	0.36	15.7	2.44	2.01	0.43	17.7	2.47	2.09	0.38	15.5
15	2.04	1.64	0.40	19.5	1.97	1.59	0.38	19.3	2.07	1.83	0.23	11.4	2.18	1.87	0.31	14.1	2.30	1.93	0.37	16.1	2.33	2.01	0.33	14.1
16	1.83	1.56	0.27	14.7	1.75	1.50	0.25	14.3					1.98	1.76	0.22	11.1					2.18	1.91	0.27	12.4
17					1.50	1.39	0.11	7.1					1.77	1.64	0.13	7.4					1.99	1.78	0.21	10.5
18					1.20	1.26	-0.06	-5.2																
F <sub>Avg</sub>	2.45	1.80			<b>2.37</b>	<b>1.75</b>			2.43	2.04			2.46	2.03			<b>2.57</b>	2.08			2.54	<b>2.13</b>		
F <sub>Std</sub>	0.32	0.11			<b>0.52</b>	<b>0.21</b>			0.20	0.11			0.31	0.17			<b>0.15</b>	<b>0.08</b>			0.26	0.16		
F <sub>Std</sub> /F <sub>Avg</sub> (%)	<b>12.90</b>	6.21			<b>21.98</b>	<b>11.97</b>			8.31	5.34			12.51	<b>8.23</b>			5.83	3.90			10.14	7.39		

형별 평균사용수량으로 입력하고, 유동 밸런싱을 수행하여 각 세대의 앵글밸브개도를 얻고, 이 개도값을 입력치로 공급하여 정상유동 해석을 재실시하여 유동 밸런싱 후의 유동특성을 얻을 수 있었다. Figure 3은 전 절에서 논의된 세대의 유동 밸런싱 후의 압력변화도 보이고 있다. PRV의 설치 유무 및 인입부 압력의 크기에 무관하게 대부분의 세대에서 인입부 압력이 증가된 것을 볼 수 있고, 모든 세대의 앵글밸브에서 상당한 압력 강하가 발생함을 알 수 있다.

유동 밸런싱 후의 각 세대별 유량변화( $F_{Af}$ )도 Table 2에 나타나 있다. 모든 세대에서 가용 공급수량은 1.75(1102동)~2.13(1106동)  $lpm$  으로 밸런싱 전과 비교하여 다소 감소하였다(밸런싱 후 단지의 총수량 1574  $lpm$ ). 또한 각동에서의 수량 편차도 0.08(1105동)~0.21(1102동)  $lpm$  으로 모두 감소하였으며, 특히 밸런싱 전 최대 편차가 발생하였던 1102동도 0.52  $lpm$ 에서 0.21  $lpm$  으로 현저히 개선된 것을 알 수 있다.

#### 4. 결론

2 존(저층 및 고층) 부스터펌프 급수방식을 채택하고 일부 세대에 PRV를 시공한 공동주택단지의 급수유동 특성을 조사하였다. 급수설비계통의 설계조건, 제원과 운전조건, 및 대상 단지의 최근 3년간 월별, 동별 사용수량 등을 수치실험에 활용하였으며, 아래의 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 본 연구의 수치실험을 검증하기 위해 전 635세대 인입부의 수압을 설계치 및 현장 측정치와 비교하여 대부분의 동에서 그 차이가 최대 6.7% 이내로 일치하는 것을 확인하였다.
- (2) 단지의 12개동이 기계실로부터 각기 다른 거리 및 고도에 위치하여 발생하는 동별 인입부의 압력차와 또한 동일 동내의 층별 고도차에 의한 압력차에 기인하여 발생하는 각 세대별 인입부의 압력차에 의한 유동특성을 조사하여,

동별 평균치는 단지 평균치(2.52  $lpm$ )의 94.0(1102동)~102.0(1105동)%의 범위에 있고 동내 수량 편차는 6.0(1105동 및 1108동)~20.6(1102동)%의 범위에 있음을 알 수 있었다. 이 크기의 편차는 종래의 고가수조 급수방식에 비해 매우 양호한 것으로 판단된다.

- (3) 조사된 동별(평형별) 사용수량을(80, 125, 152 및 204  $m^2$ 에 대하여 각각 1.879, 2.622, 2.641 및 2.970  $lpm$ ) 입력하고 유동밸런싱을 실시하였을 때 동일 동내 수량편차는 3.0(1105동)~11.2(1102동)%로 개선되었다. 특히, 편차가 크게 나타난 1102동(전 세대가 80  $m^2$ )은 층수가 18층으로 가장 많고 PRV 시공 세대수가 여타동에 비해 적은 것으로 파악되었다. 세대별 가용 공급수량의 편차를 줄이기 위해서는 부스터펌프의 양정은 높이고 PRV시공을 확대하는 등의 추가 개선이 필요한 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 박종일 외 7인, 2001, “급배수 위생설비계획(급수설비), 설비공학 편람 제4권 위생·소방 및 환경, 대한설비공학회.
2. Wylie, E. B. and Streeter, V. L., 1993, *Fluid Transients in System*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, Chap. 3.
3. Thorley, A. R. D. and Tiley, C. H., 1987, Unsteady and transient flow of compressible fluids in pipelines - a review of theoretical and some experimental studies, *Int. J. Heat & Fluid Flow*, Vol. 8, No. 1, pp. 3~14.
4. Miller, D. S. 1990, *Internal Flow Systems*, 2nd Ed., BHRA (Information Services), England.
5. Flowmaster International Limited, 2007, Flowmaster7, Version 7.5 England.