

유로저항에 따른 속도제어를 통한 Zone별 유량특성 연구

오 병 길[†], 김 회 서^{*}

대림산업 기술개발원, *단국대학교 건축공학과

A Study of Flow Characteristics through the Speed Control and Flow Resistance

Byung-Kil Oh[†], Hway-Suh Kim^{*}

Institute of Technology, Daelim Industrial Company, Seoul 110-140, Korea

**Department of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin 448-701, Korea*

(Received September 9, 2011; revision received October 12, 2011)

ABSTRACT: We use floor radiant heating system in the house of commons in winter Floor radiant heating system, which transfer heat by radiation, is one of the energy efficient and comfortable systems that. Floor radiant heating system is configured to be controlled by the room for energy-saving. Proper flow rate to a comfortable heating in the room is important. However, Using a constant speed circulation pump in separate rooms, heating system may cause an imbalance because of the difference of length of coil when operating in the rooms. In this study, our Research team examined heating imbalance due to the variation length through the coil length changes and flow control of the circulation pump.

Key words: Hot water distributor(온수분배기), Heating coil(난방코일), Circulation pump(순환펌프)

기 호 설 명

1. 서 론

따뜻한 피를 가지고 있는 동물의 몸은 따뜻하다. 동물 내부의 장기는 적절한 온도 범위내에서 혈액의 순환에 의해 조절되어 지고 있다. 만약 우리 인체의 주요한 부위의 온도가 35℃ 이하로 떨어지면 우리는 저체온증으로, 37.8℃ 이상으로 높아지면 고체온증으로 고생할 것이다. 인체는 체온을 높이기 하기위하여 교감신경에서 심장을 빠르게 뛰게 하고 혈압을 높여 체내의 기초 대사를 높여서 체온을 높아지게 한다. 반대로 부교감신경에서 땀을 흘리게 하거나 심

장을 덜 뛰게 하고 혈압도 낮추게 하는 등의 조절을 통해서 체온을 떨어뜨리게 한다.

주택에서도 건강하고 편안한 온열공급의 한 가지 방법으로 난방제어를 실별로 구성하고 있다. 실별제어는 실별 온도센서가 포함된 조절기를 각 방에 설치하여 세대 전체가 아닌 실별로 온도를 조절하는 제어방식으로 난방시 유량이 최소 1개의 실에서 세대의 모든방을 난방 할 수 있도록 시스템이 구성되어 있다. 실별제어는 방 1개를 난방 할 때와 여러 개의 방을 난방 할 때 공급되는 유량이 다르게 공급되어야 하는 것이 바람직하나 대부분의 경우는 난방이 요구되는 방의 수량과는 무관하게 세대 난방순환펌프를 일정하게 작동시키며 각 실별 코일길이 차이에 따른 관마찰 손실을 일정하게 하기위하여 온수분배기에 Zone별로 미세유량조절 밸브를 설치하여 각 실별로 부하에 따른 요구 열량이 공급되도록 조정한다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2011-8294; fax: +82-2-2011-8068

E-mail address: headway@daelim.co.kr

미세유량조절 밸브의 사용으로 인하여 순환펌프는 미세유량조절 밸브의 저항만큼 에너지 소비가 더 많아지며 1개의 실만을 난방할 때 유량이 1개의 실에 집중되어 유량과다로 인한 소음 및 과열현상이 발생할 수 있다.

발코니 확장등으로 실별로 난방 온수 코일의 길이 차이가 발생할 때 관내 마찰손실의 증가로 통과 유량이 부족하여 난방 불량이 발생하게 된다. 본 실험은 기존의 Zone별 50 m 코일길이 기준이 아닌 실별 1개 라인의 서로 다른 길이로 난방코일을 시공하였을 때 난방능력 평가를 위한 유량차이와 소음 및 유량과다 예방을 위한 순환펌프의 스텝제어에 따른 유량차이를 연구하였다.

2. 목적

본 실험에서는 실별 코일 길이 편차에 따른 난방 불균형을 순환펌프의 유량제어 및 코일의 길이변화를 통하여 검토하였다.

일반적으로 개별난방에서 보일러 순환펌프는 정속형으로 사용하고 있다. 이는 세대에서 실별 제어에 따른 요구 유량에 맞추지 못하고 있어 저속, 중속, 고속으로 속도 가변형 순환펌프를 적용하여 검토하였다.

1~2개 실을 난방하고자 할 때 세대의 개별보일러의 순환펌프는 저속으로 작동하게 되며 이때 코일 길이 및 편차에 따른 난방유량 감소에 대한 검토를 하였다. 또한 전체방을 난방하고자 할 때 보일러의 순환펌프는 고속으로 작동하게 되며 이 때 한 개 실의 난방 코일 길이가 장배관으로 구성되었을 때 다른 실과의 온수 통과 유량을 비교하여 난방의 불균형 상태를 검토하였다.

전체 실의 난방코일 길이가 Zone별로 50 m 기준에서 100 m로 10 m 간격으로 늘어날 때 코일길이 늘어남에 따라 난방 성능의 차이를 통과 유량의 변화에 따라 검토하였고 151 m²(46평형) 평면을 대상으로 실별로 단일 장배관으로 설치 할 때 최대한 길이 검토를 위한 유량을 검토하였다.

3. 측정 실험장치

온수분배기의 실험장치는 Fig. 1과 같은 6구 6 Zone 온수분배기를 사용하였다.

각 Zone별로 연결된 난방 코일배관은 15 mm PB

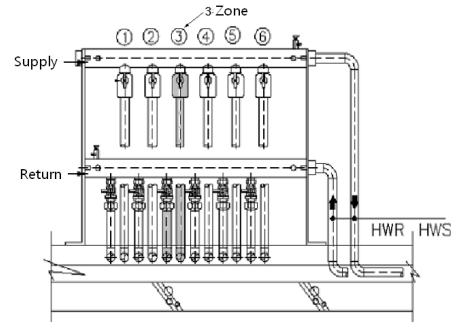


Fig. 1 Hot water distributor.

배관을 사용하였으며 Zone별로 길이를 다르게 하여 유량을 측정하였다. 난방 코일에 Zone별로 임펠러 유량계를 설치하여 유량의 흐름을 검토하였다.

실험에 사용된 온수 순환펌프는 29,000 W(25,000 kcal/hr)용량의 개별보일러에 설치가 되고 있는 속도제어 순환펌프를 사용하였다.

순환펌프의 특성은 Table 1과 같으며 양정에 따른 유량 성능곡선은 Fig. 2이다.

순환펌프는 저속, 중속, 고속 3단계의 모드로 제

Table 1 Speed control circulation pump characteristics

	No load			Lift 2m		
	Input [W]	electric current [A]	number of revolution [RPM]	Input [W]	electric current [A]	number of revolution [RPM]
High speed	45	0.22	3517	80	0.35	2350
Middle speed	26	0.17	3542	67	0.30	2065
Low speed	20	0.14	3541	55	0.26	1865

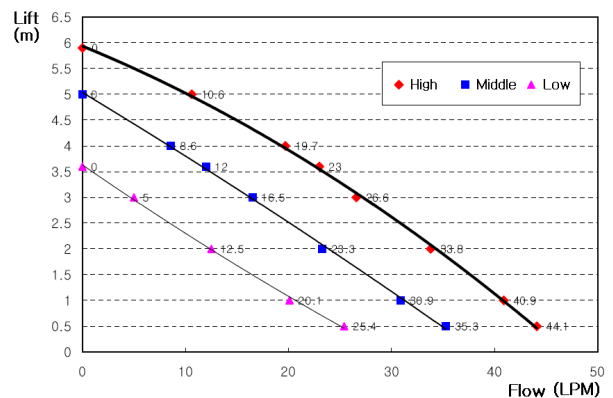


Fig. 2 Speed control heat circulating pump performance curve.

어가 되도록 구성이 되었으며, Zone별 밸브가 1~2개가 열리면 저속, 3~4개 밸브가 열리면 중속, 그리고 5개 이상 모든 방의 난방 온수를 공급하는 밸브가 열리면 고속으로 순환펌프가 작동하도록 구성되었다.

측정에 사용된 유량계는 Seametrics 제품의 액체용 임펠러 유량계로 SPX-38(0.27~18.9 LPM)과 SPX-075(0.75~75 LPM)를 사용하여 Fig. 3과 같이 난방 주관과 온수분배기의 코일 배관을 각각 측정하였다.

4. 측정결과

4.1 순환펌프 저속에서 코일길이별 유량

1~2개의 실을 난방하고자 할 때 보일러의 순환펌프는 저속으로 순환을 하게 되며 이때 순환펌프의 유량 및 양정은 낮아지게 된다.

이때 긴 난방코일에 흐르는 유량의 변화를 측정하기 위하여 코일 길이를 변경하여 가며 측정하였다.

4.1.1 1개 Zone을 열었을 때 코일길이별 유량

1개의 실을 난방하게 될 때 순환펌프는 저속으로 운전하게 되며 이때의 코일 길이를 변화 시켜가며 유량의 흐름을 측정하였다.

Table 2는 저속운전시 코일길이에 따른 유량 변화 측정내용이다. 코일길이가 길어짐에 따라 유속은 더 느려지고 저속회전시 1개 Zone이 열렸을 때 50 m 코일 길이에서 2.98 LPM으로 많은 유량이 흘렀으며 100 m에서는 2.06 LPM, 200 m에서는 1.3 LPM의 온수가 흘렀다.

4.1.2 2개 Zone을 열었을 때 코일길이별 유량

2개의 실을 난방할때 순환펌프는 저속으로 회전하고 2개의 Zone이 열린다. Table 2는 한 개의 Zone은 50 m로 고정시키고 나머지 Zone은 200 m까지 코일의 길이를 변화시켜 가며 유량측정을 하였을 때의 값이다.

50 m 길이에서 2.45 LPM으로 1개 Zone을 열었을 때와 비교하여 0.53 LPM이 적게 측정되었고 1개의 Zone의 길이 변화를 주었을 때 100 m에서 1.7 LPM, 200 m에서 1.04 LPM으로 유량이 줄어들었다.

길이의 변화가 없는 다른 Zone의 경우 유량이 약간 늘어나기는 하였으나 길이가 늘어난 Zone에서 줄어든 유량보다 더 적게 늘어났다.



Fig. 3 Flow test equipment.

Table 2 Flow characteristics along the length of coil(In case that the low speed circulation pump)

Length	Low speed (1 zone open)		Low speed (2 zone open)		Low speed (2 zone open)	
	Flow (LPM)	Velocity (m/s)	Flow (LPM)	Velocity (m/s)	Length	Flow (LPM)
50M	2.98	0.4	2.45	0.33	50M	2.46
75M	2.4	0.32	2.0	0.27	50M	2.49
100M	2.06	0.28	1.7	0.23	50M	2.57
125M	1.93	0.26	1.52	0.2	50M	2.64
150M	1.6	0.21	1.3	0.17	50M	2.57
175M	1.48	0.2	1.19	0.16	50M	2.61
200M	1.3	0.17	1.04	0.14	50M	2.58

코일길이의 증가에 따라 유량이 감소되고 이는 배관내의 유속의 감소로 이어져 1개의 Zone을 온수가 1번 순환하는데 걸리는 시간이 늘어나게 된다.

4.2 1실 난방할 때 순환펌프 제어에 따른 코일 길이별 유량

1개의 실을 난방 할 때 정속형 순환펌프 일 때와 속도제어 펌프를 적용하여 저속 일 때의 코일 길이에 따른 유량을 측정하였다. Table 3은 순환펌프 제어에 따른 유량변화를 측정된 것이다. 50 m 기준으로 펌프제어를 통한 저속 운전시 2.98 LPM의 유량이 흐르고 일반정속형 펌프는 4.85 LPM의 유량이 흘러 유량과대로 인한 과열 및 소음 발생이 예상된다.

코일길이에 따른 유량 순환시간은 길이가 2배 늘어나면 3배 가까이 유량 순환시간이 늘어나는 것으로 측정되었다.

Table 3 Flow characteristics along the length of coil(In case that the low and high speed circulation pump)

Length	Low speed (1 zone open)			High speed (1 zone open)		
	Flow (LPM)	Velocity (m/s)	Circulation time (mim)	Flow (LPM)	Velocity (m/s)	Circulation time (mim)
50M	2.98	0.4	2.1	4.85	0.65	1.3
75M	2.4	0.32	3.9	4.2	0.56	2.2
100M	2.06	0.28	6.0	3.7	0.49	3.4
125M	1.93	0.26	8.1	3.24	0.43	4.8
150M	1.6	0.21	11.7	2.93	0.39	6.4
175M	1.48	0.2	14.7	2.6	0.35	8.4
200M	1.3	0.17	19.2	2.4	0.32	10.4

4.3 순환펌프 고속에서 난방코일 1개의 길이변화에 따른 유량 검토

1) 1~6 Zone의 난방코일 Zone 중 3 Zone의 난방코일의 길이를 증가시켜 유량의 변화를 검토하였다. 전체방을 난방하고자 할 때 보일러의 순환펌프는 고속으로 작동하게 된다.

3 Zone의 난방코일 길이를 50 m에서 200 m까지 변화 시키고 온수분배기의 나머지 5개의 Zone은 50 m로 고정 시켰을 때 각 Zone별 유량측정 결과는 Fig. 4~Fig. 10의 그래프와 같다.

코일 길이가 늘어감에 따라 난방면적은 늘어가지만 반대로 유량은 줄어들게 된다.

Zone별 난방코일 길이가 동일하게 50 m 정도일 때 평균 2.2 LPM 정도의 유량이 흘렀다. 코일의 길이가 100 m로 2배 길어지고 난방 면적도 2배 넓어

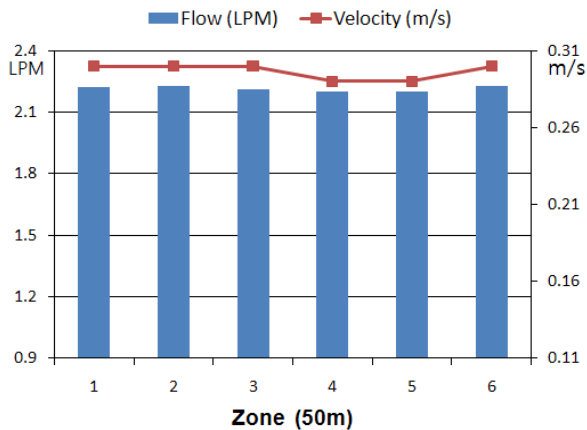


Fig. 4 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 50 m).

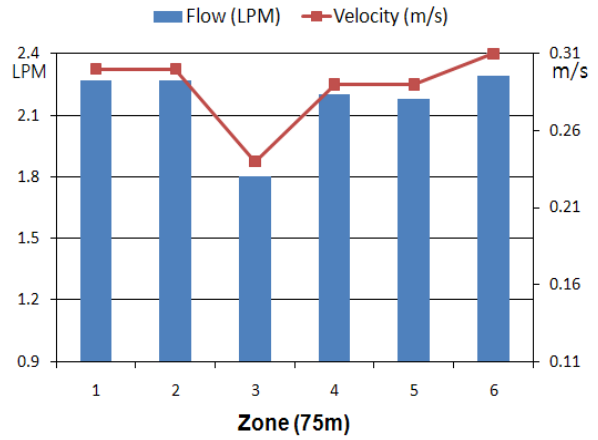


Fig. 5 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 75 m).

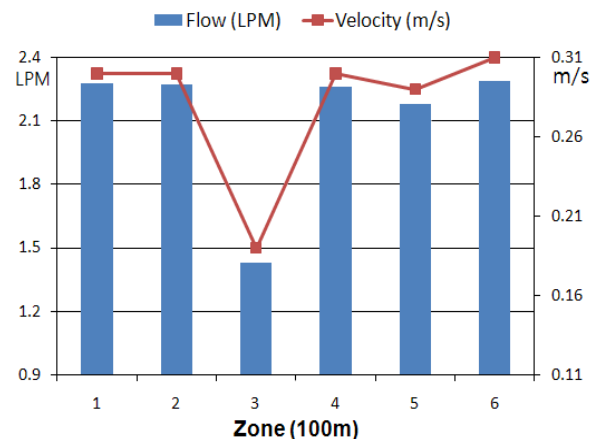


Fig. 6 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 100 m).

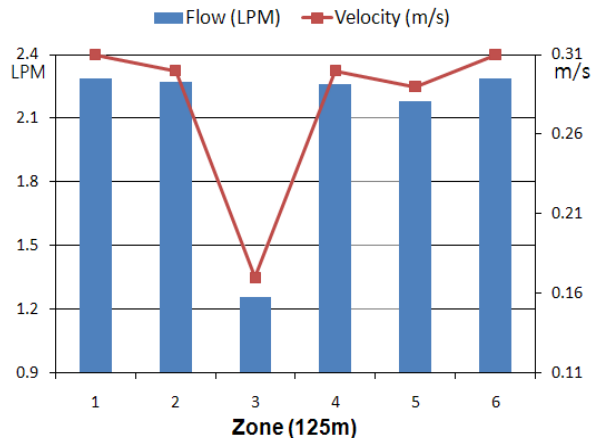


Fig. 7 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 125 m).

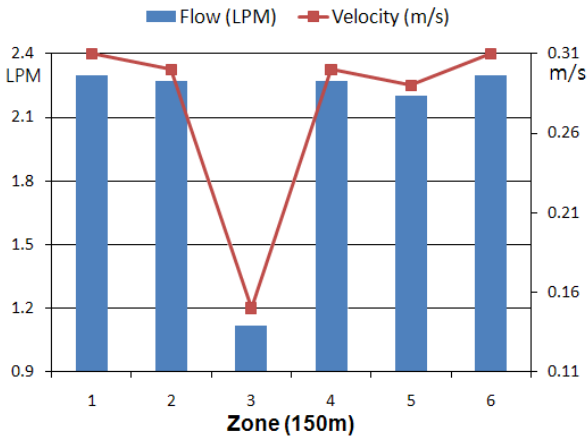


Fig. 8 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 150 m).

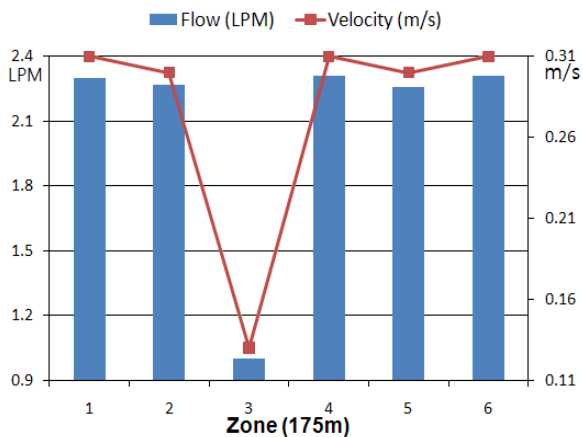


Fig. 9 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 175 m).

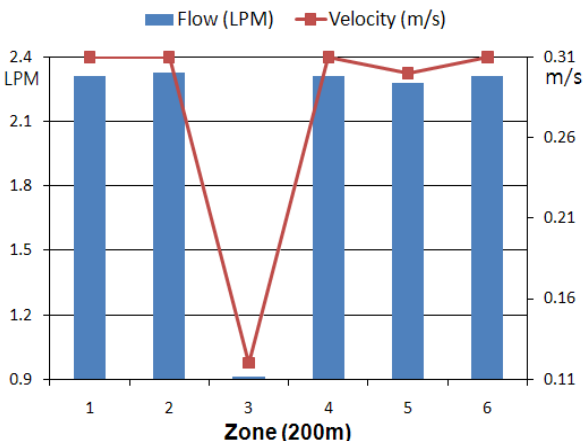


Fig. 10 Flow rate and velocity of hot water at each zone(In case that the pipe length of zone 3 is 200 m).

Table 4 Flow rate changes along the length of coil

3 zone			Rest zone		
Length	Flow (LPM)	Flow change (LPM)	Length	Flow (LPM)	Flow change (LPM)
50 m	2.17	0.00	300 m	11.09	0.00
75 m	1.80	-0.37	300 m	11.27	0.18
100 m	1.43	-0.74	300 m	11.28	0.19
125 m	1.26	-0.91	300 m	11.29	0.20
150 m	1.12	-1.05	300 m	11.34	0.25
175 m	1.0	-1.17	300 m	11.45	0.36
200 m	0.91	-1.26	300 m	11.54	0.45

진 상태에서는 유량이 1.43 LPM으로 줄어들었고, 난방코일 길이가 200 m로 길어지자 0.9 LPM으로 크게 줄어들었다.

유속의 경우도 배관의 길이는 길어지나 속도는 느려져 Zone별로 1번 온수가 순환하는데 걸리는 시간이 크게 달라지게 되는 것을 알 수 있다.

2) 난방코일 1개의 길이 변화에 따른 잔여 Zone의 유량 변화

한 개의 난방 코일 길이가 50 m에서 200 m까지 변화함에 따라 한 개의 코일내 관내 마찰저항이 커지게 되어 유량이 100 m에서 -0.74 LPM, 200 m에서 -1.26 LPM이 줄어들었으나 다른 잔여 Zone에서는 줄어든 유량의 25%~35% 정도만 증가되었다.

유량이 나머지 Zone으로 분배되는 영향을 Table 4와 같이 측정되었다.

4.4 각 Zone별로 난방코일 길이가 50 m에서 100 m까지 늘어날 때 Zone별 유량 검토

1) 난방 순환펌프가 고속으로 작동하게 될 때 Zone별로 동일하게 코일길이의 변화를 주었을 때 유량을 측정한 값은 Fig. 11과 같다.

코일길이가 6개 Zone 모두 50 m일 때 2.2 LPM으로 측정되었으며 온수코일의 길이를 Zone별로 100 m로 길게 하였을 때 배관의 저항으로 인하여 1.9 LPM으로 측정되었다.

4.5 실별 난방코일 1Zone 배관시 유량 측정 (151 m² 적용)

1) 실별 1개의 Zone으로 난방코일 장배관시 유량

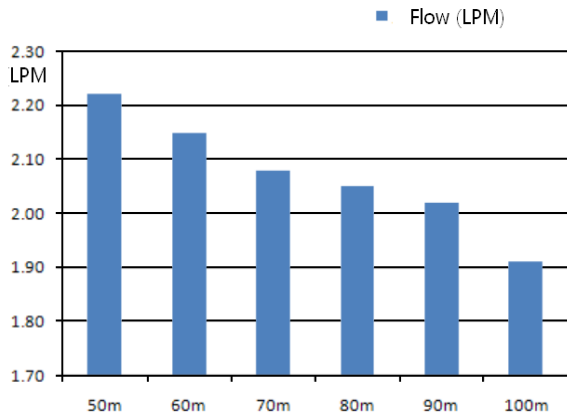


Fig. 11 Flow rate according to the pipe length.

(151m² 적용)

면적 151 m² 주택의 난방 코일 배관시 Main room, Living room과 같이 코일길이가 100 m가 넘는 실은 일반적으로 2개의 Zone으로 코일을 나누어 1개의 Zone을 50 m 전후로 설치한다. 난방코일 도면 Fig. 12은 단일 실에 1개의 코일로 Zone을 설계한 것으로 코일 길이에 따른 유량측정을 하였다.

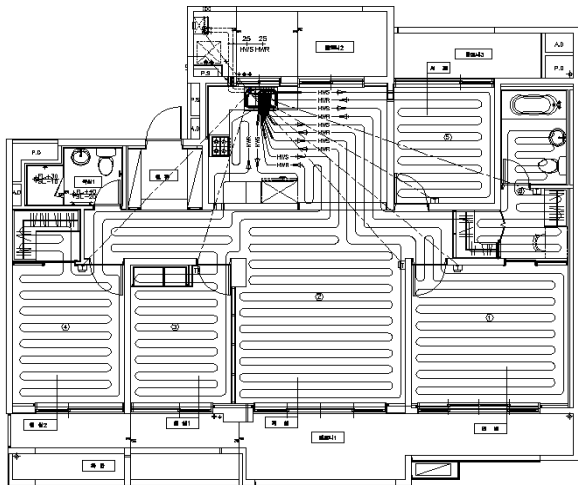


Fig. 12 151 m² Heating coil drawing.

Table 5 Flow rate at each zone according to the adjustment of the valves

	Main room	Bed room1	Bed room2	Study room	Dress room	Living room
Length (m)	104.4	66.5	72.6	45	49.5	117.2
Flow (LPM)	1.9	2.29	2.2	2.56	2.54	1.58
Adjustment (LPM)	2.0	2.0	2.01	2.04	1.99	1.92

Table 6 Flow rate along the length of coil by heating system(Unit : LPM)

	District heating	Central/Individual heating (Δt : 15°C)	Central heating (Δt : 10°C)	Tested Individual heating
50 m	0.75	1.05	1.55	2.22
60 m	0.90	1.26	1.86	2.15
70 m	1.05	1.47	2.17	2.08
80 m	1.20	1.68	2.48	2.05
90 m	1.35	1.89	2.79	2.01
100 m	1.50	2.10	3.10	1.91
110 m	1.65	2.31	3.41	-
120 m	1.80	2.52	3.72	-

각 실별 난방코일 길이 및 편차에 따른 유량흐름은 Table 5와 같이 측정되었으며 코일길이 최장 117.2 m 길이에서 유량조절 밸브의 조정전에는 1.58 LPM, 유량조절 밸브의 조정에 따라 1.92 LPM의 유량이 흐르게 측정되었다.

4.6 난방방식에 따른 배관길이별 설계유량

난방방식에 따른 배관의 요구유량은 Table 6와 같이 계산 되었다. 지역난방의 경우 열사용기준에 따라 배관길이에 따른 공급온수 유량을 계산한 것이며, 중앙/개별, 중앙난방의 경우는 공급, 환수온도 차에 따른 열량기준으로 배관길이에 따른 유량을 검토하였다.

Table 6의 개별난방의 경우는 직접 실험을 통하여 장배관길이 50 m에서 100 m 사이 측정된 유량을 표현한 것이다.

코일길이에 따른 유량분포는 최소 지역난방의 길이에 따른 유량이상 이어야 할 것으로 판단되며 100 m 길이에서도 지역난방 이상의 열원공급이 가능한 것으로 판단된다.

5. 결 론

1) 1개의 실만을 난방하여 정속형 펌프를 사용할 때 과열 및 소음에 대한 문제가 발생할 수 있으나 난방순환 펌프 저속 운전시에는 적정 유량이 흘러 문제가 발생하지 않을 것으로 판단된다.

2) 난방 순환펌프가 저속으로 운전하고 2개의 난방 코일존이 50 m와 100 m로 코일편차가 50 m일 때 도 지역난방 이상의 열원공급이 가능한 것으로 판

단된다. 코일길이가 200 m일 때 유량은 흐르지만 코일 길이에 따른 난방 면적증가로 단위 면적당 난방 공급 열량은 줄어든다.

3) 난방순환 펌프가 고속으로 운전하고 코일길이가 긴 Zone의 경우 코일 길이가 2배 길어지면 50 m 코일에 비하여 단위 면적당 열공급은 3배 이상 더 지연된다.

4) 전체 난방코일 Zone별 길이가 일정하게 길어지면 실별 온도 불균형은 없어지며 90 m까지 Zone별 2 LPM의 유량이 흐른다.

개별난방에 적용된 순환펌프를 이용한 실별 장애관 난방코일의 유량을 검토한 결과 지역난방과 비교할 때 100 m에서 지역난방의 열사용 기준에 따른 공급 유량보다 많이 나오는 것으로 검토되었다.

참고문헌

1. Construction mechanical equipment standard 2003, SAREK.
2. Kim, O.-B., Oh, J.-H., Yeo, M.-S., and Kim, K.-W., 2004, Heating Performance of individual Room Control System by Balancing Flow ratio in Radiant Floor Heating, Proceeding of the SAREK, pp. 1127-1131.
3. Benedict, R. P., 1980, Fundamentals of Pipe Flow, John Wiley and Sons, New York.
4. Hodge, B. K., 1990, Analysis and Design of Energy System, Prentice-Hall, New Jersey.
5. Jeppson, R. W., 1979, Analysis of Flow in Pipe Networks, Ann Arbor Science, Michigan.