

구배가 없는 신배수시스템의 제안 및 배수유동 특성에 관한 실험적 연구

차 영 호, 이 정 재**
동아대학교 대학원, *동아대학교 건축학부

The Proposal of a New Drainage System without Incline of Piping and Experiment on Drainage Flow Characteristics

Young-Ho Cha, Jurng-Jae Yee**

Graduate School, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

*Faculty of Architectural Design & Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

(Received December 16, 2004; revision received March 15, 2005)

ABSTRACT: In Korea, pumping pipe using gravity way by water is most popular method in drainage system. But, it is difficult to repair a drainpipe in this method because the drain pipe diameter is increased as using this method. In this research, we propose a new drainage system. The system aim for an adaptedness with buildings, freedom of plan, construction and renewal in water pipe equipments, etc. The new system is not need of incline of piping, and it uses drainage power that is changed potential energy by high velocity flow as making Siphonage at vertical pipe. Therefore, the diameter of piping can decreased than existing piping system established in the ceiling. Also because connecting position will be located at the lower part, it is changed the potential energy of drainage to the high velocity flow. In addition, drainage will be smooth because the fixture drain is linked by each drain pipes.

Key words: New drainage system(신배수시스템), Siphonage(사이펀 작용), Underfloor piping system(바닥배관방식)

1. 서 론

최근 공동주택 노후화에 따른 주거, 설비성능 개선을 위하여 현재까지는 단순히 기존의 건물을 철거하고 재건축을 시행하였으나 이로 인하여 기존 자원의 재활용 및 재사용 측면에서 국가적인 재산의 낭비는 물론이고 엄청난 양의 건설폐기물의 발생 등 많은 문제를 안고 있다. 그러므로 기존

공동주택의 설비성능의 향상을 위해서는 공동주택 설비시스템의 내구연한 연장 및 기존 노후 공동주택의 설비성능 개선을 위한 새로운 기술개발이 중요한 과제이며, 노후 공동주택이 양적으로 누적되고 있는 저성장시대에 접어들어 주택 신축률이 저하되고 있는 국내 여건상 이에 대한 연구 및 기술의 개발이 시급히 요구되고 있다.

구체적으로 공동주택 설비시스템에 있어 가장 시급한 대상으로 배수설비시스템에 주목하면, 공동주택의 배수설비의 성능개선 과제로 기존의 천장배관방식에서 문제시되었던 배관 및 구조체를 통한 배수음 전달, 향후 개·보수 공사 및 유지

† Corresponding author

Tel.: +82-51-200-7609; fax: +82-51-200-7616

E-mail address: jjyee@dau.ac.kr

관리에 대한 어려움과 원가상승 등이 있다.

본 연구에서는 상기 배수설비의 문제점을 개선하기 위하여 배수 수직관에서 사이펀 흐름을 만들어 배수가 보유하는 포텐셜 에너지를 고속흐름으로 전환시켜 배수 구동력을 갖게 하는 신배수 시스템을 제안하고, 현 공동주택의 적용공법인 천장배관방식과 신배수 시스템의 pilot 실험 모델을 제작하여 위생기구별 배수성능 및 특성을 파악하고, 이를 바탕으로 신배수시스템의 적용 가능성 및 최적화를 위한 실용적 자료를 제시하고자 한다.

2. 신배수시스템의 개요

Fig. 1은 신배수 시스템의 전체적인 개요도를 나타낸다. 현재 일반적으로 사용하고 있는 배수시스템은 구배를 갖는 중력배수방식이나, 신배수시스템은 구배가 없는 소구경(30A)의 가지배관을 사용하여 일정한 사이펀 수두를 가진 채 수직관에서 사이펀 흐름을 만들어 배수가 보유하는 포텐셜 에너지를 고속흐름으로 전환시켜 배수 구동력을 일으키게 하는 시스템이다.

Fig. 2는 실험에 사용된 기존배수(천장배관)시스템과 신배수시스템의 바닥배관방식을 나타낸 것으로 기존배수시스템은 위생기구로부터 시작된 배관이 해당층 바닥을 천공하여 아래층 천장에 설치된다.

그러나 신배수시스템은 해당층 바닥 상부에 구배가 없는 수평가지배관을 설치함으로써 바닥 천공을 없애고, 가지배관을 100A(대변기의 가지배관 관경)와 50A(욕조, 세면기, 바닥배수의 가지배관 관경)의 대구경 배관을 사용하는 기존방식에 비하여 소구경(30A)의 구배가 없는 배관만으로 해

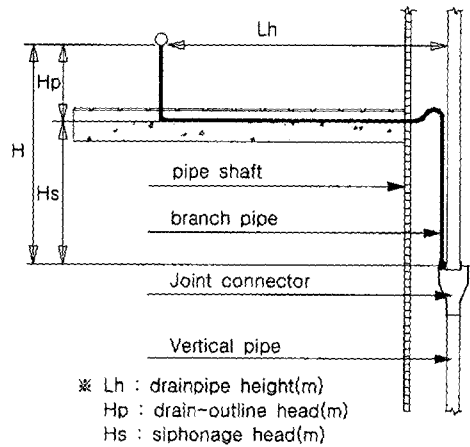


Fig. 1 Schematic diagram of the new drain system.

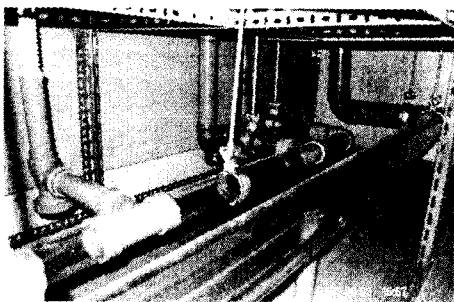
결함으로써 계획 및 시공, 그리고 갱신이 자유로운 배수시스템이다.

3. 실험에 의한 배수유동 특성

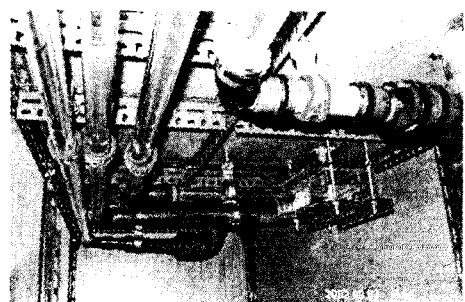
3.1 실험의 개요 및 방법

신배수시스템의 배수성능을 파악하기 위해 층고가 2.6m인 공동주택을 기준으로 실험모형을 제작하였다.

Fig. 3은 실험동의 평면도와 단면도를 나타낸 것으로서 실험동의 구성은 기존 공동주택의 욕실에서 현재 적용되는 전형적인 평면을 기준으로 하여 기존배수 및 신배수시스템을 구성하고, 배수 배관만을 달리 설치함으로써 배관시스템에 따른 배수 특성을 규명할 수 있도록 하였다. 또한 공



(a) Existing drain system



(b) New drain system

Fig. 2 Drainage pipe system.

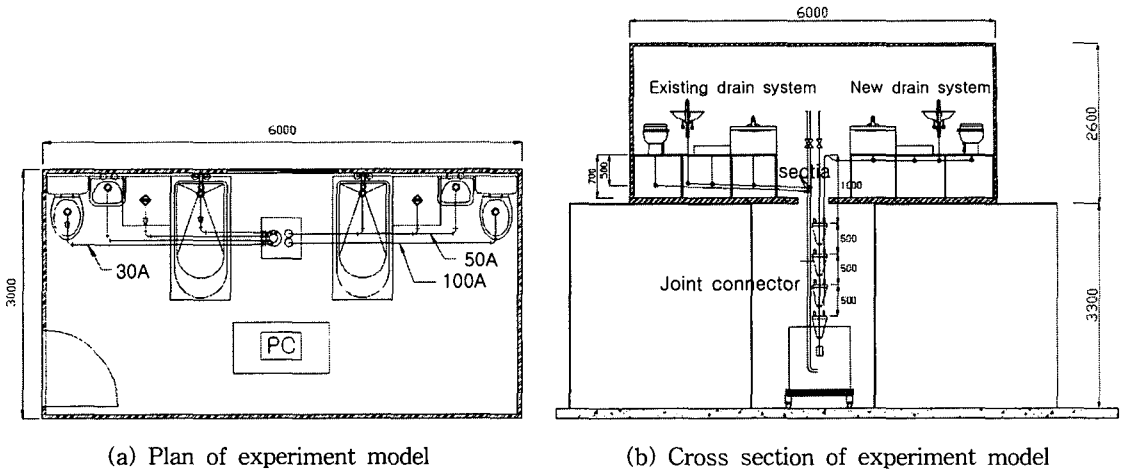


Fig. 3 Schematic diagram of the new drain system model.

동주택의 적용을 위하여 윗 층의 위생기구 사용 시 신배수시스템의 배수유동 특성을 파악하기 위하여 실험동의 입상배관에 0.43 L/s의 물을 정상상태로 흘려보냈다.

실험방법에 있어서는 입상배관 내의 배수 유무에 따른 각 위생기구별 배수유동 특성을 파악하였다. 우선 배수량에 있어서 대변기는 오물세정상태를 기본조건으로 하고, 세면기는 사용패턴을 2가지의 형태, 즉 만수상태(7 L), 1/2유량(3.5 L)으로 하며, 바닥배수는 욕실바닥 청소의 사용패턴을 기준으로 물받이통의 용량인 10 L와 절반유량 5 L로 설정하였다. 또한 욕조의 경우는 배출유량이 가장 많은 기구이므로 일상생활에서 발생할 수 있는 사용패턴 중 사용유량이 가장 많은 상태를 기준으로 하여 전수량(120 L), 1/2수량(60 L), 1/3수량(40 L)의 3가지 형태로 실험을 하였다.

신배수시스템의 구동력인 사이펀 수두는 국내 공동주택의 한개 층의 층고 2.6m를 기준으로 하여 수평가지배관의 최고점에서 1.0m을 시작으로 0.5m씩 증가시켜 2.5m까지 4가지 단계로 실험함으로써 사이펀 수두차(Hs)에 의한 배수유동 특성을 파악하였다.

3.2 배수유량 측정방법

일반적으로 급수관의 경우, 관내 유체의 흐름이 만류상태가 유지되므로 유량 및 유속의 측정이 용이하나 배수배관의 경우 유체흐름이 시간에 따라 변동이 되는 비만류의 비정상상태의 흐름이다.

따라서 각 위생기구별 배수 특성을 파악하기 위해서는 단위시간(sec)당 중량이 실시간으로 측정(최소측정단위 0.2 kg, 1/6 sec)이 되는 중량계를 통해 배수량을 측정하고, 이를 온도별 물의 밀도를 이용하여 체적단위(L)로 환산함으로써 유량(L/s)을 산출하였다.

또한 사이펀 수두 및 배수유량 차에 따른 실험은 5회 반복실험을 하여 평균값으로서 각 위생기구별 배수 특성을 비교·검토하였다.

3.3 실험결과 및 분석

3.3.1 입상배관 내 배수흐름이 없을 경우

Fig. 4는 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우의 기존배수시스템과 신배수시스템의 사이펀 수두 차에 의한 각 위생기구별 배수유동 특성을 단위시간당 유량(L/s)으로 나타낸 것이다.

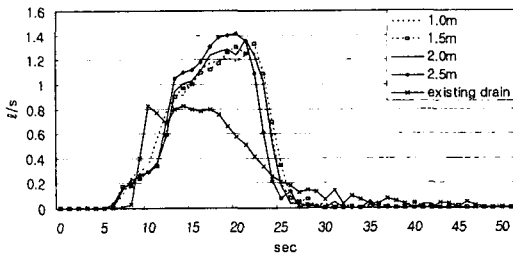
Fig. 4의 (a)는 대변기의 배수유동 특성을 나타낸 것으로 기존배수시스템은 최대유량이 0.8 L/s로 10여 초간 비교적 일정한 배수유량을 유지하다 완만하게 줄어들고 있음을 알 수 있다.

이에 반하여 신배수시스템의 경우 기존방식과는 달리 배수시 최대유량이 1.3~1.4 L/s 정도로 빠르게 배수가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 사이펀 수두 차가 클수록 최대유량이 크게 나타나고 있으나, 그 편차가 0.1 L/s 내외로 경미하여 유사한 배수 특성을 보여주고 있다.

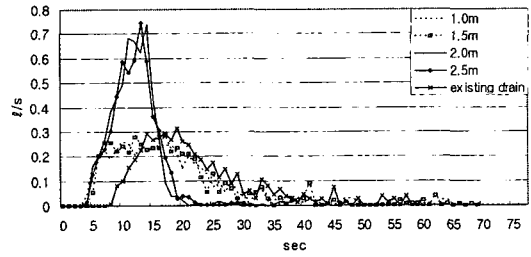
Fig. 4의 (b), (c)는 바닥배수의 배수유동 특성을 나타낸 것으로 배수량 5 L의 경우 사이펀 수

두 2.0 m, 2.5m에서 최대유량이 0.75 L/s로 기존 배수시스템에 비하여 2.5배 정도의 고속배수가 이루어졌다. 1.0 m, 1.5m에서는 최대유량이 0.25 L/s, 0.28 L/s로 기존배수시스템의 0.31 L/s와 비교적 차이가 없으며, 전체적인 배수패턴 또한 유사하여 거의 동일한 배수성능을 보여준다. 배수량 10 L의 경우는 사이펀 수두 1.0 m을 제외한 1.5 m, 2.0 m,

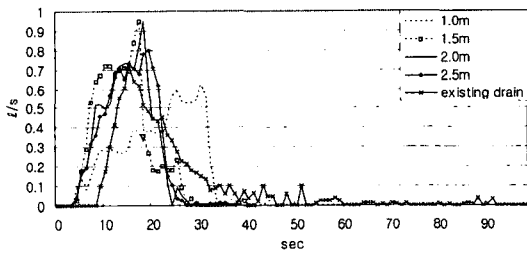
2.5 m에서 기존배수시스템보다 향상된 배수능력을 나타내며, 최대유량 면에서도 1.35배 정도의 고속배수 특성을 보여주고 있다. 특히 사이펀 수두 1.5 m의 경우 배수량이 5 L에서 10 L로 늘어남에 따라 고속의 배수 특성을 보여주고 있어 배수량 증가에 따라 사이펀 작용에 의한 고속배수를 유도할 수 있음을 알 수 있다.



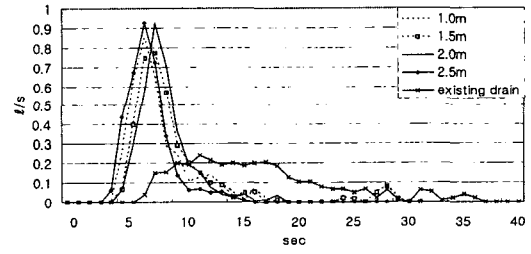
(a) Closet



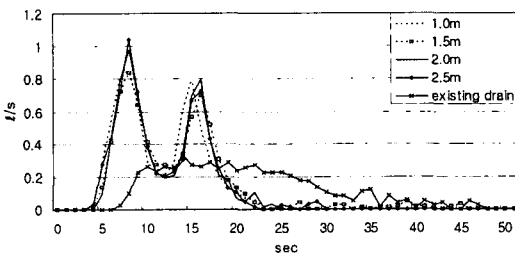
(b) F.D (5L)



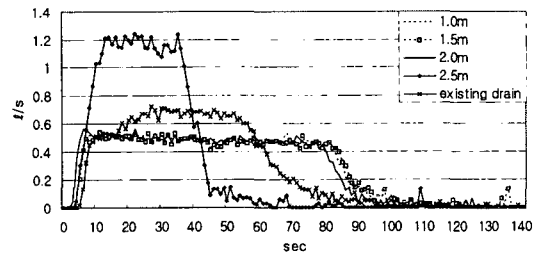
(c) F.D (10L)



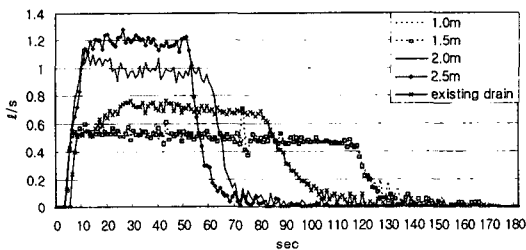
(d) Lavatory (3.5L)



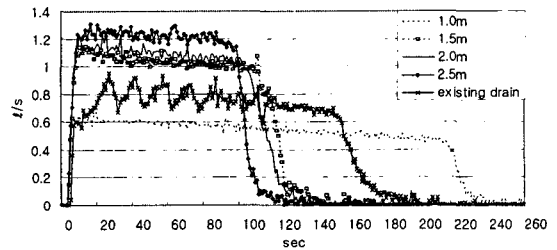
(e) Lavatory (7L)



(f) Bathtub (40L)



(g) Bathtub (60L)



(h) Bathtub (120L)

Fig. 4 Drainage flow characteristics.

Fig. 4의 (d), (e)는 세면기의 배수유동 특성을 나타내는 것으로 기존배수시스템의 경우 1/2수량(3.5 L)과 전수량(7 L)의 2가지 실험에서 최대유량이 0.25~0.30 L/s 정도로 비교적 장시간에 걸친 완만한 배수가 이루어지고 있다. 이에 비해 신배수시스템의 경우는 1/2수량과 전수량에서 각각 최대유량이 0.92 L/s와 1.04 L/s로 기존배수시스템에 비해 4배 정도의 고속배수 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 신배수시스템 전수량의 경우에는 배수가 이루어지는 동안 1/2수량에서 볼 수 없었던 두 번에 걸친 강한 사이편 작용이 발생하고 있다.

Fig. 4의 (f), (g), (h)는 욕조의 배수유동 특성을 나타낸 것으로 1/3수량(40 L)에서는 사이편 수두 2.5 m만이 기존배수보다 원활한 배수 특성이 나타나고 있으며, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m의 경우에는 완만한 배수 특성을 보여주고 있다. 1/2수량(60 L)에서는 사이편 수두 2.0 m과 2.5 m에서 기존배수에 비해 원활한 배수 특성을 나타내고 있다. 사이편 수두 1.0 m와 1.5 m는 최대유량이 0.61 L/s 이나 2.0 m는 1.14 L/s, 2.5 m는 1.25 L/s로 배수가 이루어지고 있어 수두차가 클수록 최대유량이 증대되며 배수에 소요되는 시간도 단축되고 있다. 한편, 전수량에서는 신배수시스템의 사이편 수두차 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m, 2.5 m 순으로 배수시 최대유량과 배수시간이 분명히 향상되고 있음을 알 수 있다.

3.3.2 입상배관 내 배수흐름이 있는 경우

Fig. 5는 입상배관 내 배수흐름이 있는 경우의 기존배수시스템과 신배수시스템의 사이편 수두 차에 의한 각 위생기구별 배수유동 특성을 단위시간당 유량(L/s)으로 나타낸 것이다.

Fig. 5의 (a)는 대변기의 배수유동 특성을 나타낸 것으로 기존배수시스템은 입상배관 내 배수유무에 관계없이 비교적 유사한 배수 특성을 나타내고 있다. 신배수시스템에 있어서는 사이편 수두 1.0 m, 1.5 m에서 최대유량이 1.24 L/s와 1.38 L/s로 유사하나 2.0 m에서는 최대유량이 1.62 L/s로 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우의 1.36 L/s와 비교하여 1.2배 향상되었다. 하지만 2.5 m의 경우는 1.27 L/s로 배수흐름이 없는 경우의 1.41 L/s에 비해 배수성능이 오히려 저하되었다.

Fig. 5의 (b), (c)는 바닥배수의 배수유동 특성을

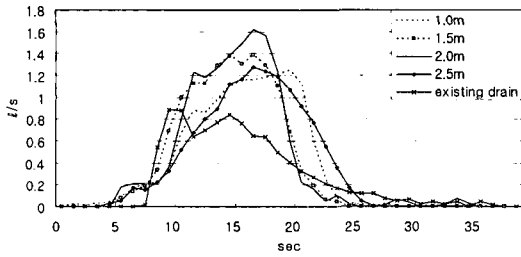
나타낸 것으로 배수량 5 L의 경우 사이편 수두 2.5 m를 제외한 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m에서 최대유량이 0.96 L/s, 0.90 L/s, 1.11 L/s로 Fig. 4의 (b)에 비하여 최대유량이 향상되었다. 특히 사이편 수두 1.0 m, 1.5 m에서 최대유량이 0.25 L/s에서 0.96 L/s, 0.90 L/s로 3.5배 이상의 고속배수 특성을 보여주고 있다. 이는 배수흐름이 없는 경우의 1.0 m, 1.5 m에서 배수량이 적어 사이편에 의한 고속배수가 이루어지지 않았으나 입상배관에서의 배수흐름이 있음으로서 적은 배수량으로도 가지배관의 고속배수를 유인할 수 있음을 알 수 있다. 배수량 10 L에서는 기존배수와 신배수시스템에서 최대유량이 0.8~0.9 L/s로 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우와 유사한 배수 특성을 보였다.

Fig. 5의 (d), (e)는 세면기의 배수유동 특성을 나타낸 것으로 1/2수량과 전수량의 경우 기존배수시스템은 배수흐름이 없는 경우와 동일한 배수 특성을 나타내고 있다. 이에 반해 신배수시스템은 사이편 수두 2.0 m의 1/2수량과 전수량에서 각각 최대유량이 1.09 L/s, 1.83 L/s로 고속의 배수 특성을 나타내었다. 특히 전수량에서는 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우의 0.97 L/s에 비하여 1.8배 이상의 고속배수 특성을 보였다. 반면 사이편 수두 1.0 m, 1.5 m, 2.5 m에서는 배수흐름이 없는 경우와 유사한 배수 특성은 나타냈다.

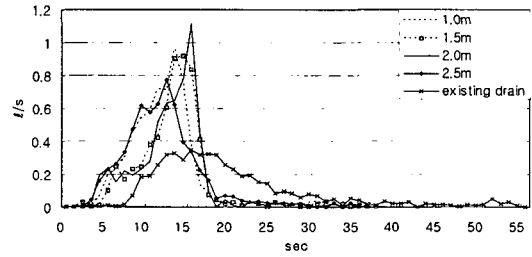
Fig. 5의 (f), (g), (h)는 욕조의 배수유동 특성을 나타낸 것으로 1/3수량(40 L)에서는 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우 사이편 수두 2.5 m만이 기존배수보다 원활한 배수 특성을 나타냈으나, 배수흐름이 있는 경우에는 모든 사이편 수두 1.0~2.5 m에서 최대유량이 1.04 L/s, 1.30 L/s, 1.38 L/s, 1.34 L/s로 기존배수의 0.88 L/s에 비해 1.2~1.6배 향상된 배수 특성을 나타내었다. 특히 1.0~1.5 m에서 사이편 작용에 의해 고속의 배수가 이루어졌고 2.0 m에서 최대유량을 나타내었다.

1/2수량에서도 신배수시스템의 모든 사이편 수두에서 최대유량이 1.04~1.40 L/s로 기존배수의 0.84 L/s보다 1.3~1.6배 이상의 향상된 배수 특성을 나타내었다. 또한 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우 사이편 수두 1.0 m, 1.5 m에서 기존배수보다 배수성능이 저하되고 배수시간도 길었으나 배수흐름이 있는 경우에는 배수성능과 배수시간이 모두 향상되었다.

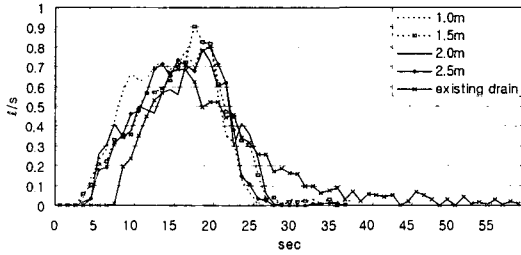
전수량에서는 사이편 수두 2.0 m에서 최대유량



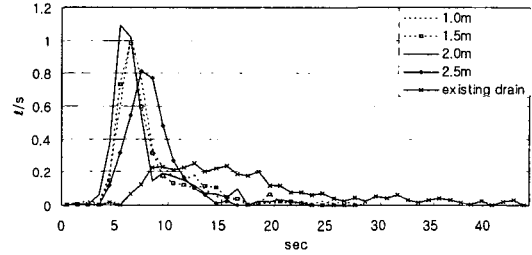
(a) Closet



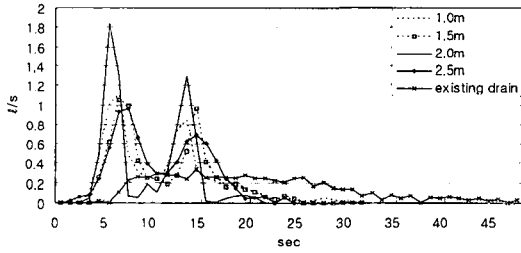
(b) F. D (5L)



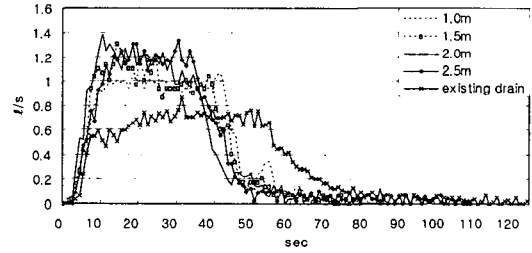
(c) F. D (10L)



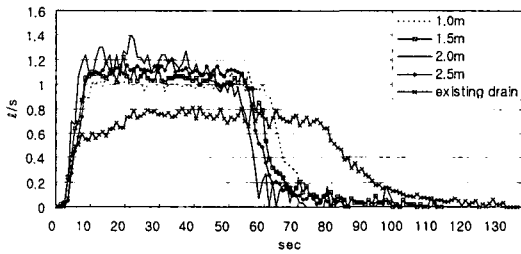
(d) Lavatory (3.5L)



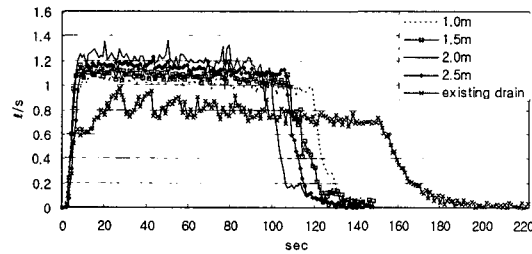
(e) Lavatory (7L)



(f) Bathtub (40L)



(g) Bathtub (60L)



(h) Bathtub (120L)

Fig. 5 Drainage flow characteristics.

이 1.35 L/s로 가장 원활한 배수 특성을 보였으며, 2.5m, 1.5m, 1.0m 순으로 1.22 L/s, 1.19 L/s, 1.14 L/s의 최대유량을 나타냄으로써 기존배수의 0.98 L/s보다 향상된 배수 특성을 보였다.

따라서 입상배관 내 배수흐름이 있는 경우 신 배수시스템은 기존배수시스템보다 전체적으로 향상된 배수 특성을 보이며, 특히 바닥배수 10L를

제외한 모든 경우의 실험에서 사이펀 수두 2.0m의 경우가 가장 향상된 배수 특성을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 건축물의 배수설비시스템에 주목하여, 배수 수직관에서 사이펀 흐름을 만들어

배수가 보유하는 포텐셜 에너지를 고속흐름으로 전환시켜 배수 구동력을 갖게 하는 신배수시스템을 제안하였다. 동시에 실대실험 모델을 제작하여 현 천장배관방식과 신배수시스템의 위생기구별 배수성능 및 특성을 파악하였다. 입상배관 내 배수흐름의 유무에 따른 신배수시스템의 실험결과를 기존배수시스템과 비교·검토하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

(1) 기존배수는 비교적 완만한 배수 특성을 보이는 반면, 신배수시스템은 고속의 배수 특성을 보였다.

(2) 기존배수시스템은 관경과 구배에 의한 중력식 배수방식이지만 신배수시스템은 포텐셜 에너지를 이용한 사이펀 작용에 의하여 고속배수를 유도함으로써 최대유량과 배수패턴에서 상당히 다른 배수유동 특성을 나타내었다.

(3) 입상배관 내 배수흐름이 없는 경우, 사이펀 수두 1.0m를 제외한 1.5~2.5m에서 기존배수보다 원활한 배수 특성을 보였고 사이펀 수두가 클수록 향상된 배수 특성을 나타내고 있어 시공상의 편의성이나 저층부에서의 사이펀 수두 확보 등을 고려하여 2.0m이 최적임을 도출할 수 있었다.

(4) 입상배관 내 배수흐름이 있는 경우, 모든 사이펀 수두에서 기존배수 및 배수흐름이 없는 경우의 신배수시스템보다 향상된 배수 특성을 보였다. 특히 사이펀 수두 2.0m가 가장 향상된 배수 특성을 나타내고 있어 입상배관 내 배수흐름이 있는 경우에도 사이펀 수두 2.0m가 가장 최적의 연결이음관의 설치높이임을 도출할 수 있었다.

이상의 연구결과, 신배수시스템은 현 공동주택 배수설비에 있어 문제점으로 지적되고 있는 천장배관방식의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 배수시스템으로 적용할 수 있는 가능성이 검증되었다.

그러나, 본 개발시스템의 실제적인 적용을 위해서는 입상관 내 배수흐름을 원활히 하기 위해 배수시 물이 관내 벽에 밀착, 회전하여 하강하고 입상관 중앙에 공기층을 형성시켜 주는 방안과 더불어 배수소음의 평가 등에 대한 검토가 계속적으로 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 2001, A handbook of air-conditioning and refrigerating engineers, Vol. 4.
2. The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 1993 Heating, Air-Conditioning and Sanitary Standard HASS 010-1933.
3. Mc Graw-Hill Book Company, 1957, National Plumbing Code.
4. Edger Lion, 1982, Building Renovation & Recycle, N. Y. John Wily & Jones Inc.
5. ASHRAE, 1993, ASHRAE Handbook Fundamentals.