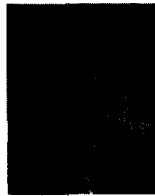


## 배수관내의 압력 및 유동특성

### Pneumatic and hydraulic characteristics of drainage pipe

이 용 화  
Y. H. Lee

유한전문대학 건축설비과



- 1960년생
- 급배수 부문 및 열전달 촉진기술에 관심을 가지고 있다.

박 정 원  
J. W. Park

유한전문대학 건축설비과



- 1950년생
- 에너지 분야에 많은 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

배수·통기 시스템의 역할은 건축물내에서 간헐적으로 사용된 물을 신속하게 배출시키는 것뿐만 아니라 배수관 도중에 설치된 트랩의 봉수 파괴 혹은 기구에 내장된 트랩의 봉수 파괴에 의해 배수관내의 하수 가스 등이 실내로 침입하는 것을 방지하는 목적도 갖고 있다.

그런데 트랩의 봉수는 여러 가지 원인에 의해 파봉된다고 알려져 있으며, 그 중에서도 가장 큰 영향을 미치는 유인 사이펀 작용(induced siphonage)에 의한 봉수 파괴는 배수 수직관 및 수평주관내의 공기의 압력변동이 원인이 되어 발생한다. 배수관내의 압력은 배수부하가 발생한 경우에는 그 배수에 의한 공기의 이동 등에 의해 변동하며, 배수가 없어도 배수관 접속부의 기압변동이나 상승기류에 의해 변동된다. 이와 같은 배수관내의 압력변동이 원인이 되어 트랩의 봉수가

파괴되는 것을 막는 것이 배수시스템 설계상의 포인트가 된다고 할 수 있다.

그런데 현재 배수관 설계시에는 배수관 각 부의 역학적 특성이 설계표면에 나타나지 않고 있기 때문에 배수관내의 압력변동에 의한 봉수 파괴에 대한 고려를 간과하기 쉽다. 또한 국내에서는 위생설비, 특히 배수 통기 설비 분야에 대한 연구가 제대로 이루어 지고 있지 못한 상태이며, 또한 설계 시공후 이 부분이 하자요인으로 발생하는 경우가 많다.

따라서, 본 고에서는 배수관내의 유동특성과 이것이 트랩의 봉수파괴에 어떻게 작용하는가에 대해 살펴보고, 특히 설계 및 시공자가 반드시 이해하고 있어야 할 사항에 대해 기술하고자 한다.

#### 2. 배수관내의 배수의 흐름

배수관내의 흐름은 급수 및 급탕관내의 흐름과

는 달리 간헐적으로 배수되는 물과 공기가 혼합된 극히 불규칙한 흐름으로서 경우에 따라서는 오물, 휴지 등의 고형물을 포함하고 있기 때문에 그 유동특성은 상당히 복잡하다. 따라서 현재 많이 이용되고 있는 배수 시스템에서의 배수관내의 흐름과 급수·급탕관내의 흐름의 차이를 요약하면 다음과 같다.

- ① 현재의 배수시스템에서는 기계력을 사용하지 않는 중력식 배수가 주류를 이루고 있다. 그리고 하수도에 직접 배수하기가 불가능한 지하층에서의 배수는 배수탱크에 모은 후, 펌프로 급상시켜 하수도에 배출시키는 경우에만 기계력을 사용한다.
- ② 급수·급탕관내의 흐름은 관내가 항상 물이나 탕으로 충만되어 흐르는데 반해, 배수관에서는 트랩의 봉수를 보호하지 않으면 안되기 때문에 일부를 제외하고는 관내가 충만되지 않는 흐름이 원칙적으로 되어 있다.
- ③ 배수수평관에서는 상층부가 공기로 되어 있고, 물과 공기가 접하는 면(자유표면)을 갖는 흐름이다. 수리학(水理學)분야에서는 이와 같은 흐름을 개수로 유동(open channel flow)이라고 하며, 관내가 충만되어 흐르는 급수관의 관로유동(pipe flow)과 구별한다.
- ④ 배수수직관에서는 공기와 물이 혼재하며 흐르기 때문에, 기액이상류(氣液二相流; two-phase flow)라고 한다. 물의 유량에 따라 크게 변화하여 유량이 작은 경우에는 물이 관벽을 따라 흐르는 환상류(環狀流)로 되며, 유량이 극단적으로 많게 되면 수중의 비교적 큰 공기포(空氣泡)가 물과 함께 흐르는 것과 같이 보이는 흐름(slug flow)으로 된다.

이와 같이 배수관내의 흐름은 급수·급탕관내의 흐름과는 다르며, 또한 상당히 복잡하다.

위생기구로부터의 배수는 기구 배수관, 배수수평지관, 배수수직관, 배수수평주관 및 부지배수관을 거쳐 방류처로 흐르게 된다. 배수관내에는 배수와 배수에 의한 공기가 흐르게 되지만 그들의 흐름 상태는 배수관의 부위, 구배, 관경,

배수량 등에 따라 달라지며, 특히 배수수직관 및 수평주관에서의 배수 유동 상태는 상당히 복잡하며, 배수·통기 시스템에 큰 영향을 미친다.

### 2.1 배수수직관(drainage stack)

배수수평지관으로부터 배수수직관에 배수가 유입하면, 배수량이 적을 때에는 배수는 수직관관벽을 따라 지그재그로 강하한다. 배수량이 증가해가면 배수수평지관으로부터의 배수는 배수수직관의 접속부에서 그림 1에 표시한 바와 같이 배수수직관의 반대측 벽면에 충돌하며, 순간적으로 접속부를 물로 가득 채우게 된다.

그 후, 이 배수는 배수수직관내를 관벽을 따라 환상(물대 형성)에 가까운 상태로 하강한다. 환상에 가까운 상태일지라도 관중심부에서도 배수는 떨어지게 된다.

배수수직관내를 하강하는 배수는 처음에는 중력에 의해 점차 그 유속이 증가하여 어느 정도까지는 유속이 증가하지만 관벽 및 관내의 공기와의 마찰로 인한 저항을 받고, 결국에는 관내벽 및 공기와의 마찰저항과 평형되는 유속, 즉 거의 일정한 유속인 종국유속(終局流速; terminal velocity)으로 된다.

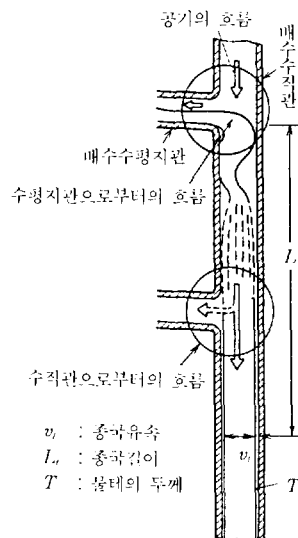


그림 1 배수수직관내의 물의 흐름

중국유속과 중국길이(배수가 수직관에 유입하고 나서 중국유속이 되기까지 유하(流下)한 거리)의 값은 배수수평지관과 배수수직관의 접속부의 형상, 배수 수직관의 종류, 배수량 등에 따라 달라지지만, 일반적으로 중국유속은 약 5~12[m/s] 정도, 중국길이는 3~7.5[m] 정도이며, 가는 관일수록 중국길이는 짧다. 따라서 초고층 건물의 배수관이라고 할지라도 특별한 고려를 할 필요는 없다(예를 들면, 유속증가방지를 위해 일부러 오프셋 배관으로 할 필요는 없다). 이와 같은 사실은 윌리(Willy)와 이튼(Eaton)의 실험식인 식 (1) 및 식 (2)의 중국유속 및 중국길이에 관한 식으로부터 알 수 있다.

$$v_i = 0.635 \cdot \left(\frac{Q}{D}\right)^{0.5} \quad (1)$$

$$L_i = 0.14441 \cdot v_i^2 \quad (2)$$

여기서

- $v_i$  : 중국유속[m/s]
- $Q$  : 물의 유량[l/s]
- $D$  : 수직관의 직경[m]
- $L_i$  : 중국길이 [m]

예를 들면, 유량 10[l/s], 수직관의 관경을 100[mm]라고 하면, 식 (1) 및 식 (2)로부터 중국유속 및 중국길이는 각각 약 4[m/s] 및 2.32[m]로 된다. 즉, 중국길이는 약 1개층에 해당되는 길이이다.

배수 수직관내를 유하하는 배수는 배수 수평지관과의 접속부에서 만수(滿水)로 되어 하강하거나 공기를 동반하여 유하하기 때문에 배수수직관내의 압력은 상부에는 부압(負壓), 하부에는 정압(正壓)이 발생하여 봉수 파괴에 이를 수도 있다.

이상으로부터 배수관내의 배수부하유량이 어느 정도인가를 정확하게 예측·산정하는 것이 중요하므로 이에 대한 실측 연구가 필요하다고 생각된다.

## 2.2 배수 수평주관(house drain)

배수 수직관으로부터 배수 수평주관으로 배수가 옮겨가는 경우, 굴곡부에서는 원심력에 의해 외측(外側)의 배수는 관벽으로 힘이 작용하면서 흐른다. 또한 배수 수직관내의 유속은 앞에서 설명한 바와 같이 상당히 빠르지만 배수 수평주관내에서는 이 유속이 유지될 수 없기 때문에 급격히 유속이 떨어지게 되어 후속되는 배수가 있는 경우에는 유속이 떨어진 배수의 정체로 인해 그림 2와 같이 수력도약현상(hydraulic jump)을 일으키게 된다. 배수수직관이 위치한 부분부터 수력도약현상을 일으키는 위치까지의 거리는 배수량, 배수 수직관과 배수 수평주관의 접속부의 형상, 배수수평주관의 관경 및 구배 등에 따라 다르지만, 일반적으로 배수 수직관 관경의 10배 이내의 거리에서 일어난다고 보고되고 있다. 따라서 1층과 같은 저층부의 배수를 수직관에 직접 접속하지 않고 수평관에 접속시킬 때는 수력도약이 예상되는 수평주관내에 접속해서는 안된다. 수력도약현상을 일으킨 후의 배수는 파상(波狀)으로 흘러가게 되며, 이와 같은 파상형태의 흐름(파상류)은 마찰저항의 영향을 받아 유속이 점차 감소하여, 수십 미터(m) 유하하는 사이에 평균화 즉 안정류(安定流)의 상태로 된다.

수평주관의 관경이 수직관의 관경보다 큰 경우 및 수평주관의 구배가 비교적 큰 경우에는 수력도약 현상은 발생하지 않는다. 수평주관내의 유동양상은 수직관내의 기압분포에도 영향을 미친다.

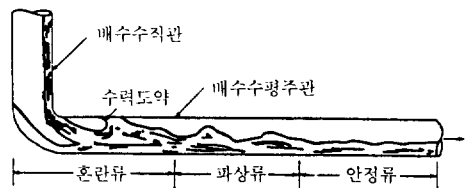


그림 2 배수수평주관내의 흐름

### 2.3 배수관의 구배 및 유량

배관의 구배가 완만하여 유속이 느리게 되면 유수(流水)에 의한 자정작용이 약해지며, 오물이나 스케일이 부착하기 쉽게 되기 때문에 최소 유속은 0.6[m/s]로 한다. 또한 구배를 크게 하여 유속을 빠르게 하면 유수깊이가 낮고, 오물을 반송하기 위한 능력이 약해진다. 또한 관로의 수류(水流)에 의한 파손 등도 고려하여 한계유속은 1.5[m/s] 정도로 하고 있다. 표 1에는 배수 수평관의 최소구배를 나타내었다.

표 1 배수 수평관의 구배

관 경[mm]	구 배
65 이하	최소 1/50
75, 100	최소 1/100
125	최소 1/150
150 이상	최소 1/200

## 3. 배수관내의 공기의 유동특성

### 3.1 배수관내의 압력변동과 트랩의 봉수

배수관내는 보통 대기압이지만 관내에 배수가 흘러 들어오면 관내의 공기는 압박을 받거나 유인되어 관내는 정압(正壓) 또는 부압(負壓)의 압력변동을 일으킨다. 배수관내가 과도한 정압이 되면 트랩내의 봉수를 실내로 뚫어내게 되며, 부압으로 되면 배수관내로 유인되게 된다.

문제가 되는 것은 정압·부압의 한계로서, 트랩의 봉수깊이는 50[mm] 이상으로 규정되어 있기 때문에 압력변동이 ±50[mmAq] 이상 되어서는 안된다.

그러나 50[mm]는 정적(靜的)인 압력에 대응하는 한계로서, 배수계통내에 일어날 수 있는 기압변화는 동적(動的)인 영향을 고려한 한계치(25[mmAq]) 이내로 해야 한다.

### 3.2 배수·통기관내의 공기의 유동특성

배수관내의 물·공기의 유동, 통기관내의 공기

의 유동에 대해서는 아직까지 해명되지 않은 부분이 많다. 트랩의 봉수손실과 관계가 깊은 배수관내의 공기의 압력분포특성에 대해서도 명확하지 않은 점은 많지만, 이제까지의 연구결과로부터 이들의 특성에 대해 살펴보기로 한다. 가장 단순한 통기방식인 신정 통기방식(伸頂通氣方式)으로 된 저층 아파트에서의 배수 수직관내의 공기압력분포에 대해 먼저 살펴보고, 초고층 아파트(35층)에서의 부하층 변화에 따른 관내압력분포의 실험예를 소개하기로 한다.

#### 3.2.1 저층 아파트에서의 배수수직관내 압력분포

신정통기방식의 배수 수직관내의 압력분포에 대한 실험결과는 그림 3과 같으며, 이들 결과는 그림 4와 같이 단순하게 묘사할 수 있다.

이것은 부하가 여러 층에서 집중 또는 분산되어 나타날 때는 이보다 상당히 복잡하고 양상이 달라질 수 있겠지만, 배수관내의 특성을 이해하는데는 큰 도움이 될 것이다.

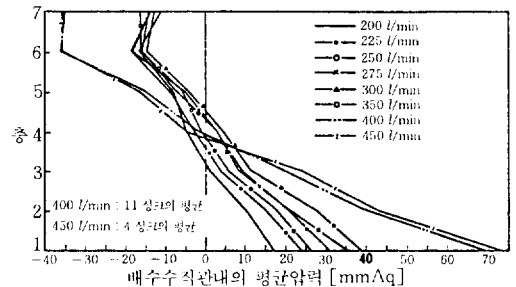


그림 3 배수수직관내의 평균압력분포

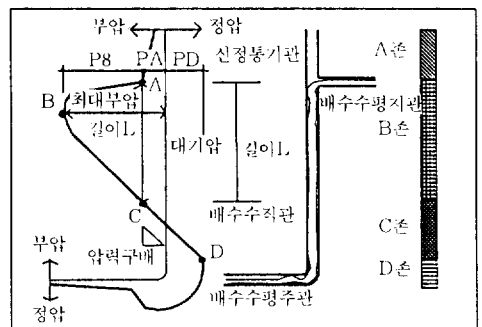


그림 4 수직관내 압력분포도

물이 배수수평지관으로 부터 유입하는 위치보다 높은 곳(그림 중 A 존)에서는 공기만의 흐름으로서 마찰저항 및 국부저항에 의한 손실수두만이 일어나기 때문에 통기유량(通氣流量), 관단면적 등을 알면 쉽게 계산할 수 있다. 그러나 배수 수평지관으로부터 물이 유입되는 위치인 B 존 이후의 관내압력분포는 쉽게 계산할 수가 없다. 그림에서 B 존 이하의 압력분포에 대해 살펴보기로 한다.

(1) B 존

배수수평지관으로부터 배수수직관내로 물이 관단면을 가로 막는 형태로 유입되며, 또한 수직관내를 잠시동안 상당히 혼란된 상태로 흐르게 하는 부분으로서, 다음과 같이 설명할 수 있다.

- ① 물이 윗쪽의 공기의 흐름을 막기 때문에 압력이 급격히 내려간다. 이와 같은 압력강하의 크기는 배수 유량이 증대하는데 따라 크게되지만, 유량에 비례하지는 않고 유량이 어느 값을 넘으면 압력강하가 급격히 크게 된다.
- ② 배수 수평지관들로부터 수직관내로 배수가 유입되는 경우, 상하(上下) 근접하여 유입되는 경우와 상하 떨어진 곳으로부터 유입하는 경우를 비교해보면, 두 경우에서 유량의 합은 같을지라도 상하 근접하여 유입하는 경우가 아래쪽 유입구 밑쪽으로 큰 압력강하를 일으킨다.
- ③ 또한 상하 떨어진 장소로부터 유입하는 경우, 유량의 합은 같을지라도 유입 지관수가 많을 수록 배수수직관내의 압력강하는 작게 일어난다.

(2) C 존

배수관내의 물의 흐름양상이 거의 일정하다고 볼 수 있는 부분이다. 이 부분에서는 압력분포가 거의 직선적으로 된다.

(3) D 존

배수 수직관내를 급속하게 낙하해온 물이 배수 수평주관으로 유입되면서 방향전환을 함과 동시에 급격히 감속(減速)되기때문에 흐름은 상당히 흐트러지며 또한 수면에서 수력도약을 일으키는 부분이다. 이 부분에 대해서는 다음과 같은 내용

이 확인되고 있다.

- ① 통기관으로부터 들어온 공기는 수력도약 때문에 저항을 받아 압력이 상승한다. 이 압력상승의 크기는 물의 유량증가에 따라 크게 되지만 유량에는 비례하지 않고 어느 유량을 넘으면 급속하게 크게 된다. B 존에서 설명한 ①과 여기서 설명한 것으로부터 C 존의 높이 방향의 압력구배도 배수 유량에 비례하지 않음을 알 수 있다.
- ② 물에 합성세제가 포함되면 수력도약 외에 세제포(洗劑泡)가 저항으로 가해져 동일한 유량에서도 압력상승의 크기는 크게 된다. 또한 세제포는 비중이 작기 때문에 배수 수직관내를 역류하려고 하는 현상도 일으키며, 심한 경우에는 하층에 있는 배수트랩으로부터 포(泡)가 취출되는 경우도 있다.
- ③ 수력도약이 시작되는 장소로부터 하류에서는 수면 윗부분이 공기의 유통부분으로 확보되기 때문에 배수관 말단부가 수물해가는 경우를 제외하고는 압력은 작게 된다.
- ④ 배수 수평주관의 굴곡부가 수력도약이 시작되는 위치보다 상류에 있는 경우에는 압력상승은 보다 크게 된다. 그리고 충분히 떨어진 하류에서는 일반적으로 이 만큼 문제는 일어나지 않는다.

3.2.2 35층 아파트의 배수수직관내 압력분포  
그림 5에는 35층 아파트의 배수 시스템의 개요를 나타내었으며, 이 시스템의 배수수직관내 압력분포를 그림 6에 나타내었다.

이 그림에서 압력분포 특성은 그림 5와 동일하게 설명할 수 있다. 최대부압은 부하유량이 증가함에 따라 크게 되며, 동일한 부하유량에서도 부하 발생층이 상층부일수록 크게 되며, 그 증가율은 감소함을 알 수 있다.

또한 최대부하 발생층은 부하층이 9층인 경우에는 7층에서, 35층인 경우에는 25층 근방에서 나타남을 알 수 있다.

3.3 유인 사이펀 작용에 의한 트랩의 봉수과피 원인

그림 4를 보면, 일반적으로 배수부하가 유입되

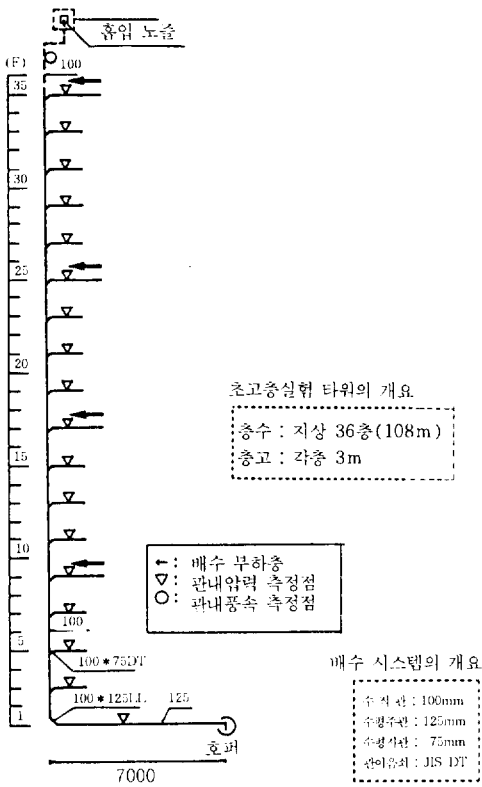


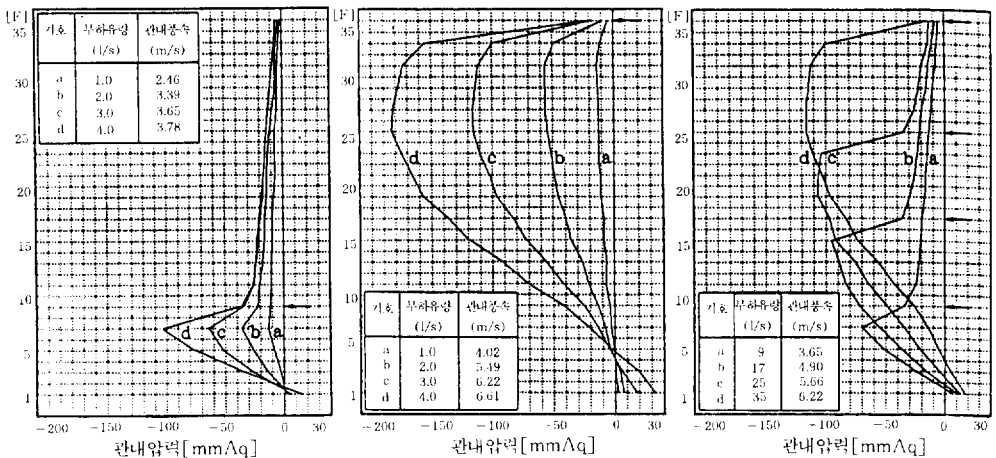
그림 5 초고층 배수시스템의 실험장치 개요 (35층)

는 층 이하에서는 압력이 부압상태로 되지만, 저층부분에서는 정압으로 된다. 이때 배수 수직관 내가 부압으로 되는 곳에 배수 수평지관이 접속되어 있으면 배수 수평지관내의 공기는 수직관쪽으로 유인되며, 따라서 봉수가 이동하여 손실되는 현상(유인 사이펀작용)을 일으킨다.

또한 수직관내가 정압이 되는 부분에 배수수평지관이 접속되어 있으면, 기구 배수관을 통해 트랩내의 물이 위생기구쪽으로 분출한다(분출작용). 또한 기구사용빈도가 많아져서 수직관 하부의 만류상태의 배수가 미처 배수되기도 전에 상부 수평지관으로부터 배수가 유입되면, 두 배수간에 존재하는 공기는 정압으로 되며, 이곳에 수평지관이 연결되어 있으면 봉수는 분출작용을 일으킨다. 그런데, 이와 같은 작용으로 인해 기구 등으로 분출된 물은 다시 모아져서 봉수로 되기 때문에 직접적인 봉수손실현상이라고는 말할 수 없지만, 단기적으로는 하수 가스를 침입시키고, 또한 기구 주위를 더럽히기 때문에 반드시 피해야만 한다.

특히 세탁 배수에서는 세제포에 의해 생각지 않았던 오손(汚損)이 생기기 때문에 주의를 요한다.

배수는 항상 일어나기 때문에 배수되지 않은



(a) 관내압력분포(부하층 : 9F) (b) 관내압력분포(부하층 : 35F) (c) 관내압력분포 (부하유량 : 3(l/s))

그림 6 배수수직관내의 압력분포 특성(35층)

트랩 모두에 유인 사이편작용이 일어날 가능성이 있다.

즉, 관내 압력변동 발생상황은 배수시스템 전체의 구성과 관계가 있기 때문에 다른 봉수손실 현상에 비해 가장 중요시 되고 있다.

### 3.4 유인 사이편 작용으로 인한 봉수파괴에 대한 대책

유인 사이편작용의 대책으로는 두가지를 생각할 수 있다.

관내압력이 트랩의 봉수에 작용하여 봉수손실을 가져오기 때문에, 이에 대한 대책으로는 봉수손실의 원인이 되는 관내압력변동을 작게 완화시키는 방법과 트랩의 관내압력에 저항하는 성능(봉수강도)을 강화시키는 방법을 들 수 있다.

#### 3.4.1 관내압력의 완화

관내압력을 완화시키는 방법으로는 통기관과의 사용, 배수관이음의 개량, 배수관경의 확대를 들 수 있다.

통기관의 사용에 대해서는 배수관로의 필요로 하는 곳에 통기관을 접속하여 관내의 공기를 자유롭게 유통시켜 관내 압력의 편중 현상을 없애는 것이다. 접속위치나 관로 형태에 따라 각종 통기방식이 있지만, 현재 대부분의 건물에서는 2관식의 배수·통기 시스템을 이용하고 있다.

그런데 신정통기방식만에 의한 1관식 시스템으로 할 수만 있다면, 경제성 및 시공성에서 아주 큰 잇점을 갖게 될 것이다. 그리고 배수관이음의 개량에 대해서는 특수형상의 배수이음을 이용하여, 관내압력이 과대하게 발생하지 않도록 배수·공기의 흐름방식을 변화시키면 될 것이다. 현재 섹스티아 등의 특수 배수이음이 아파트 등에 사용된 실적은 있으나, 최근의 20층 이상 정도 규모의 아파트에 시공되기에는 여러 가지로 필요한 실증실험이 필요하다고 생각되며, 보다 개량된 배수이음의 개발이 필요하리라고 생각된다. 또한 배수관내의 압력변동 완화를 목적으로 국내에서 배수관내를 나선형으로 하여 선회효과를 이용하고자 하는 배수관도 개발되어 있다(그림 7).

배수관경의 확대에 대해서는 배수관 자체를 큰

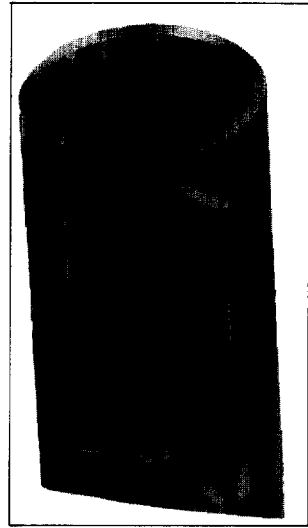


그림 7 나선형 배수관

직경으로 하여 관내 공기의 유통 단면적을 증대시켜 과대한 압력의 발생을 미연에 방지하는 방법이다. 관경을 증대시키는 것은 스페이스, 시공성, 경제성 등의 관점에서는 불리하기 때문에 무조건 크게하는 것은 현명한 방법은 아니다. 임의의 배수관 관경에 있어서 배수유량이 많게 되면 배수의 점유단면적이 넓게 되고 상대적으로 공기의 유통단면적이 감소한다. 그래서 배수의 관점 유단면적의 비율(이것을 충수율(充水率; water fullness ratio)이라고 함)을 설정하여 배수유량에 상응하는 관경을 산정하는 방법을 생각할 수 있다.

일반적으로 수직관의 충수율(充水率)이 30%를 넘으면 압력변동과 소음 및 진동이 현저해지기 때문에, 허용유량은 배관 단면의 30% 정도를 한도로 하고 있다.

#### 3.4.2 트랩의 성능향상

트랩의 성능을 향상시키기위한 방법으로는 봉수깊이 또는 각단면적비(유입각 평균단면적에 대한 유출각 평균단면적의 비)를 크게하는 것이 유리하다.

봉수깊이에 대해서는 자정작용에 문제만 없다면 깊게하는 것은 문제가 되지않지만, 바닥배수 트랩인 경우에는 바닥내나 바닥밑에 설치하기 때

문에 봉수깊이를 깊게 하는 것이 어렵기 때문에 최소봉수깊이 정도를 갖게 하는 것이 일반적이다.

트랩의 각(leg) 단면적비는 봉수강도에 큰 영향을 미치지만 현재는 이에 대한 규정은 없다. 양 각이 동일 관경을 갖는 경우의 값을 1로 기준하여, 그것보다 작은 트랩은 봉수깊이를 깊게 하는 등의 배려가 필요하다.

### 3.4.3 설계 시공시의 주의점

이상으로부터 현재 설계·시공되고 있는 배수·통기 시스템에 적용되고 있는 명확한 사항으로 다음의 것을 들 수 있다.

- ① 배수 수직관과 수평주관의 관이음쇠에는 가능한 한 자연스럽게 흐를 수 있게끔 굴곡(곡률반경)이 큰 관이음쇠를 사용하는 편이 좋다.
- ② 신정통기방식에서 배수 수평주관의 관경을 적어도 배수 수직관보다 한 사이즈 큰 것을 이용한다.
- ③ 배수 수평주관의 굴곡은 배수 수직관의 시작부(즉, 접속부)에는 설치하지 않으며, 특히 신정통기방식의 경우는 적어도 시작부로부터 3[m] 이상 떨어뜨리도록 한다.
- ④ 배수관 말단이 수몰할 염려가 있는 경우에는 신정통기방식으로만 해서는 안된다.
- ⑤ 신정통기방식의 경우 적어도 1층부분의 배수 수평지관은 배수 수직관에 접속하지 말고 수력도약이 시작하는 곳보다 충분히 떨어진 하류의 배수 수평주관에 접속해야 한다.

## 4. 맺음말

물 사용량이 많은 건물이나 초고층 건물에서는 그 물 사용량의 대부분이 배수부하로 작용하기

때문에 배수관경 산정이나 배수통기 시스템이 부적절한 경우에는 분출 또는 유인 사이펀 작용에 의한 봉수과피로 인해 기구 주위가 더럽혀 지거나 취기를 발산하게 된다. 따라서 배수통기 시스템을 설계 시공할 때는 배수부하유량과 배수관경, 통기시스템에 대해 충분한 검토가 있어야 할 것이다. 또한 시공성 및 경제성 등으로 인하여 보다 단순한 배수통기 시스템이 요망되는 아파트에서는 봉수과피뿐만이 아니고 배수에 의한 소음도 문제가 되기 때문에 향후 배수 통기 시스템을 보다 단순화하면서도 안정되게 배수시킬 수 있는 각종 개량된 특수 이음쇠의 개발 및 적절한 배수관경 산정법의 채택, 배수부하의 경감을 위한 절수기구의 채택 등이 필요하리라고 생각된다.

## 참고 문헌

1. 공기조화·냉동공학회, 1994, 공기조화·냉동 위생공학 편람-4권 위생·소방 및 환경, 공기조화·냉동공학회.
2. 이용화, 1997, 건축 급배수·위생설비, 세진사.
3. 김영호, 1997, 신편 건축설비, 모문당.
4. 石渡博 외 4인, 1991, 給排水衛生設備學, TOTO出版.
5. 前島健, 1983, “排水·通氣の流れ性狀とトラップ封水の舉動”, 日本空氣調和·衛生工學, 第 57卷 第5號, pp. 37~44.
6. 鈴木幸人 외 5인, 1992, “集合住宅の排水システムに關する研究”, 日本建築學會學術講演概集, pp.1293~1294.
7. V.T. Manas, 1957, National Plumbing Code, Mc Graw-Hill Co.