초고층 건물의 급배수설비 개요

권용일
신흥대학
건축설비과
교 수
yikwon@shc.ac.kr

Ⅰ. 머리말

건물에 적용하는 급배수설비의 목적은 인간이 주거, 근무 등의 여러 가지 생활을 하기 위한 시설과 건물을 위생적으로 유지하기 위한 것으로 편리성이 풍부하고 안정성이 보장되어야 한다. 일반적으로 급배수 위생설비는 건물 내 또는 그 부지 내에서 급수, 급탕, 배수 및 통기와 위생기구에 관련되는 제반 시설의 설비를 총괄한다고 정의하고 있으며 관련된 제반시설의 설비는 소화, 가스, 주방기구, 세탁기, 의료용 배관, 수영장, 목욕시설, 쓰레기 처리, 진공청소 등의 설비가 포함된다. 급배수, 위생설비의 계획 및 설계기준은 미국에서 1870년에 제정되었으며 영국, 일본 및 국내에서도 변화되는 주변 환경에 적합하도록 구체화하여 기준을 제정하였으며 이러한 기준의 변화과정은 [표 1]과 같다. 또한 급배수 위생설비의 설계, 시공, 유지관리를 효과적으로 유지하기 위해 다음과 같은 기본원칙을 검토하여 적용해야 한다.

① 위생성, 안정성
② 기능의 확실성
③ 내구성
④ 에너지와 자원의 절약
⑤ 환경과 도시설비의 조화
⑥ 진동, 소음의 방지

이와 같이 위생설비가 적용된 고층 건물의 발전사를 살펴보면 1930년대에 미국에서 건설된 엠파이

[표 1] 국가별 급배수 위생설비 기준 변천현황

구 분	미 국	영 국	일 본	한 국
1870	plumbing code			
1928	hoover code			
1938	uniform plumbing code	C.I.B.S. (1940)		
1945		water act and sewerage act	건축법 (1950)	
1955	ASA. A40.8 American standard national plumbing code			
1963				건축법
1970			빌딩관리법	
1975			건축기준법 시행령	
1976			HASS206 (급배수설비 기준)	
1992				건축물의 설비기준에 관한 규칙

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

어 스테이트 빌딩은 최초의 고층 건물이다. 지금은 세계에서 10번째로 높은 고층 건물로 분류될 정도로 초고층 건물이 최근에 많이 건설되고 있다. 1940년대에는 6층 이상의 건물이 고층 건물로 분류되었지만 1950년대에는 20~30층, 1960대는 100층 건물이 각각 고층 건물 또는 초고층 건물로 분류하고 있다.

이에 비해, 우리나라의 주거용 건물(아파트)에서 적용된 건물의 높이는 1970년대 초반에는 5층에서 10층 규모 내외의 중·저층 아파트가 대부분이어서 위생설비 관점에서 수도직결식 혹은 고가수조방식이 적용되었다.

1970년대 후반부터 1980년대로 접어들면서 아파트 주거가 보편화되기 시작하였고 15층 규모의 벽식 아파트가 거의 동일한 평면으로 남향을 선호하는 일자형 배치를 가지며 획일적으로 자리 잡기 시작하였고 이 당시 적용된 급수설비시스템은 저층부에 감압밸브를 설치한 고가수조방식의 하향급수 배관방식이며 배수 배관방식은 입상관을 1층 혹은 2층과 분리하는 배수 배관시스템을 적용하였다.

이러한 위생설비시스템은 20년이 지난 오늘날까지 거의 변화 없이 그대로 유지되고 있다. 1990년대에 들어오면서는 초고층 주거 복합건물이 출현하여 위생설비의 각 분야인 급수설비, 급탕설비, 배수설비 및 소화설비에서 적용되는 시스템의 죠닝(zoning)이 다수로 분리되어 적용되고 있다.

그러나 주거용 건물의 특성상 층별로 동일한 평형을 설치해야 하므로 중간수조의 설치공간을 확보할 수 없다. 따라서 급수시스템이 고가수조방식에서 부스터 펌프방식으로 급속히 대체되고 있다. 본고에서는 이와 같이 중층 혹은 저층 건물과 다르게 초고층 건물에 적용되는 급배수 위생설비의 특징을 살펴보고자 한다.

Ⅱ. 급수설비

위생설비 시스템을 계획할 때, 급수설비는 사람에게 음용수 혹은 장비가 필요한 용수를 공급하는 시스템이므로 급수원은 상수도 배관에서 공급하거나 우물, 하천 혹은 하수로부터 취수, 중수도설비를 적용하거나 우수이용 설비를 사용하기도 한다. 초고층 건물에 일반적으로 적용되는 급수방식은 고가수조방식과 펌프직송방식을 혼용하여 적용하며 급수배관은 [표 2]와 같이 허용 최대압력, 사용용도 뿐만 아니라 동일한 사용용도에서도 사용시간별로 조닝을 수행해야 된다. 또한 급수설비의 계획, 설계 및 시공을 수행할 때 고려할 사항은 다음과 같다.

2.1 음료수의 오염방지

펌프직송방식의 경우, 예상된 유량보다 말단에서 소비되는 유량이 증가하거나 펌프 고장이 발생하였을 때, 수압이 낮은 층으로 역류가 발생할 수 있으므로 토수공간 확보와 진공 브레이커를 설치해야 하며 급수의 다원화를 위해 적용되는 크로스커넥션의 방지대책을 충분히 고려해야 한다.

[표 2] 40층인 초고층 건물의 조닝 예

조 닝	공 급 방 법
33~40층 (초고층부)	지하 5층 기계실 저수조에서 41층(옥탑) 고가수조에 양수 후, 고가수조를 이용한 하향 공급방식, 최상층 존은 부스터 펌프에 의한 가압방식
25~32층 (고층부)	
17~24층 (중층부)	
5,7~16층 (저층부)	지하 5층 기계실 저수조에서 22층 중간수조에 양수 후, 중간수조를 이용한 하향 공급방식
2~4층 (부대시설)	지하 5층 기계실에서 부스터 펌프에 의한 상향공급
6층 (부대시설)	지하 5층 기계실에서 부스터 펌프에 의한 상향공급
6층 (부대시설)	지하 5층 기계실에서 부스터펌프에 의한 공급

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

2.2 물 사용의 정확한 예측과 물 사용량 계측시스템의 도입

급수설비 설계를 수행할 때, 물 사용량을 예측하여 배관경 및 각종 장비용량을 산정한다. 물 사용의 낭비를 막기 위해서는 준공 후 물 사용실태를 파악할 수 있도록 물 사용량 계측시스템을 적용한다. 이러한 계측시스템을 적용하여 수집된 자료를 활용하여 동종 건물의 증개축 혹은 신축계획시 예상 급수량으로 활용할 수 있다.

2.3 급수의 다원화 방안수립

냉각탑 보급수와 같이 계절변동이 큰 급수계통에서 사용수량이 비교적 많은 경우는 생활급수계통과는 별도 계통으로 배관시스템을 구성해야 한다.

2.4 가변 저수시스템

물사용량의 변동이 큰 시설은 저수조와 고가수조의 고수위를 예측하여 물사용량에 따라 자동적으로 수면의 위치를 조정하여 저수량을 조정하고 수조내에서 물의 체류시간을 적절하게 조절하여 수질악화를 방지할 수 있다.

또한 고가수조의 저수량 변화에 따라 양수펌프의 수량제어 운전을 실시하여 에너지 절약을 도모할 수 있다.

2.5 터미널 유량제어

냉동기 시스템에 적용하는 피크전력제어와 같이 급수설비에서도 정유량 밸브를 적용함으로써 피크유량의 제어가 가능하다. 이러한 피크 유량제어가 가능하면 펌프직송방식의 펌프능력, 양수펌프와 고가수조의 용량, 배관관경 선정 등에 대하여 합리적인 설계가 가능하다. 건물높이가 높은 초고층 건축물은 급수시스템의 조닝관점에서 다음 사항을 필수적으로 고려해야 한다.

(1) 조닝방법

급수시스템을 하나의 계통으로 구성하면 하층부에서 수압이 과대하게 되어 급수전, 기구 등의 사용에 지장을 가져오거나 소음, 워터햄머 등이 발생하여 급수전, 밸브 등의 부품 마모가 심해져 수명이 단축되므로 [표 2]와 같이 조닝을 수행한다. 급수배관시스템을 조닝하기 위해 급수압력의 상한은 호텔이나 아파트 등과 같이 야간에 상시 거주하는 건물은 3~4kg/cm^2, 일반적으로 주간에 거주하는 사무소나 공장 등은 4~5kg/cm^2 이하로 제한한다.

그 이상의 압력이 유지될 경우, 하층부에 대해서 중간탱크 혹은 감압밸브를 설치하여 급수압력을 조정해야 한다. 이와 같이 허용 최대압력을 초과하는 급수계통을 2계통 이상으로 조닝하는 방법은 중간수조 혹은 감압밸브를 활용하는 방법으로 구분할 수 있다. 실제의 설계에서는 여건에 따라 두 방식을 겸용할 수 있으며 이는 설계자에 의해, 경제성 등을 명확하게 규명되어야 할 것이다.

(2) 감압밸브 선정

급수배관시스템이 단일조닝으로 구성된 초고층건물의 경우, 초과압력을 흡수하기 위해 감압밸브를 일반적으로 적용하며 감압밸브의 주변배관은 고압측 스트레이너, 감압밸브 전후의 폐지밸브, 바이패스밸브, 고압 및 저압측 압력계 기타경보 또는 안전장치 등을 배관에 조립하여 감압밸브장치를 구성한다.

미국에서는 주관에 감압밸브를 설치하는 경우에는 일반적으로 감압밸브의 최소 조절가능 유량이 정격유량의 5% 정도인 바이패스 감압밸브를 설치한다. 이 경우, 감압밸브의 용량은 주 감압밸브 용량의 20% 정도로 하고 저압측 설정압력은 주 감압밸브 저압측 설정압력보다 0.15~0.33kg/cm^2 정도 높게 하는 것이 표준설계이다.

감압밸브의 고압측과 저압측의 압력차가 매우 클 때는 캐비테이션 방지를 위해 2단 감압을 적용해야 한다. 1단 감압의 감압밸브에는 다이아프램 파열 등의 고장시에 주 밸브가 닫히는 구조의 것을, 2단 감압인 경우의 고압측 감압밸브는 고장시에 닫히는 구조를 적용해야 한다.

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

III. 오 · 배수설비

일반 건물에 적용되는 배수의 종류는 오수, 잡배수, 우수 등이 있으며 특수 배수로는 공장 건물의 공업폐수, 병원 및 원자력 발전소의 방사능을 함유한 배수, 연구소와 학교 및 병원 실험실의 강한 산성이나 알카리성을 가진 배수, 그리고 가축의 사육으로 인한 축산폐수 등은 수질오염에 막대한 영향을 미치는 배수이다. 이들은 공공하수도 처리지역이나 오수정화시설의 설치로 오수와 잡배수를 합류방식으로 처리하는 경우가 많지만 일반주택이나 공동주택에서는 건물 내부에서 오배수를 별도 계통으로 분리하여 배수하고 옥외에서 합류시키는 방법도 있으며 우수는 전용배관으로 처리한다.

건물 내에서 발생되는 일반배수와 특수배수는 유지의 부착이나 유해물질 또는 각종 혼합물의 유입으로 배관이 부식하고 막히는 등 사고가 발생하기 쉬우므로 보수관리가 용이하도록 단독 계통으로 구성하며 이를 방지하기 위한 기구로서 영업용 주방에 적용하는 그리스 포집기, 미장원과 이발소에 설치하는 포말 포집기, 세차장에 설치되는 오일 포집기 및 플라스틱 포집기, 모래 포집기, 세탁장용 포집기, 유리파편 포집기 등이 있으며 공장이나 화학약품을 취급하는 곳 또는 실험실에는 중화조를 설치하거나 전문가와 협의하여 특수 배수처리설비를 시설한다.

배수방식에는 합류식과 분류식이 있으며 배관방식에 따라 중력배수방식, 기계배수방식, 병용배수방식을 사용하거나 건물 내 배수관은 가능한 중력배수방식으로 실외에 배수하고 지역에 따라 부지배수관이나 공공 하수관의 사고 등에 의한 옥외배수의 건물내 역류를 방지하기 위하여 2층 이상은 중력배수를 수행하고 1층의 배수는 중력식으로 가능하여도 지하 배수조를 설치 기계식으로 배수하는 방법도 적용한다.

통기방식에는 개별 통기, 루우프 통기, 신정통기, 릴리프 통기방식 등이 있으며 특수 이음쇠를 사용한 배수 및 통기방식으로는 소벤트, 섹스티아 접합관 방식을 적용하기도 한다.

일반 건물은 루프통기방식이 채용되는 일이 많지만 위생기구가 소규모로 설치되는 호텔의 객실이나 공동주택 등에서는 통기방식이 없는 단관배수방식이나 특수이음관을 사용하는 소벤트 또는 섹스티아 배수방식 등을 사용하고 있다.

우수 배수량은 계획지역의 강우량과 지붕, 외벽, 부지면적에 의해 계산하고 배관은 공공하수도에, 우수 전용관이 설치된 지역에서는 공공하수도에 단독으로 연결하며 단독처리나 합병처리의 분뇨 및 오수정화조에 접속하는 오수관 또는 잡배수관에 접속해서는 안된다. 만약, 우수배수관을 합류식의 배수수평주관 또는 부지배수관에 접속할 때는 봉수트랩을 설치해야 한다.

초고층 건물에 적용되는 오 · 배수설비는 아래 사항을 고려하여 배관시스템을 계획하며 실용도별로 적용할 수 있는 배수설비계획의 착안점은 [표 3]과 같다.

① 오배수, 세탁배수, 주방배수는 옥내 분리 배관한다. 특히, 고층 건물은 배수수직관과 지하 수평주관의 연결부분의 배수관내에서 난류흐름의 영향에 의한 배수장애, 세탁기나 주방씽크에서 배수되는 비누거품 등이 1층으로 역류되지 않도록 1층의 배수는 별도의 계통으로 옥외로 배수할 수 있게 시스템을 구성하는 것이 바람직하다.

② 오배수 입상관은 2층 이상과 1층 이하로 구분하여 하층부에서 발생하는 배수의 역류현상을 방지한다.

③ 우수관은 단독으로 설치하고 자연배수방식을 채택하며 지하층 침투수는 최하층에 설치된 집수정(sump pit)에서 강제 배수하는 것을 원칙으로 한다.

④ 배수설비에 적용되는 통기관경은 기구배수 부하단위를 이용하여 산정하며 각 개통기, 결합통기, 신정통기 및 루프통기를 적용한다.

⑤ 배수수직관 내의 배수 유속에 의해 가속도를

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

[표 3] 실용도로 적용되는 배수설비

실 용 도	적 용 설 비	비 고
화 장 실	오수, 배수, 통기	- 건물 내 구배를 고려하여 오배수 자연배수 - 배수구역을 조닝별로 구분하여 배수경로를 단축 - 에너지 절감을 목표로 가능한 자연배수 적용 - 기계실, 공조실은 강제배수
Food court	배수, 통기	
샤워실, 목욕실	배수, 통기	

수반하여 현저하게 빨리 낙하되므로 배수 낙하수에 의한 동력회수를 행하고 양수펌프 동력을 경감하도록 한다.

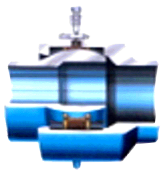
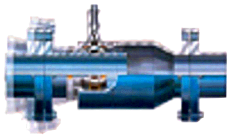
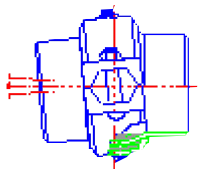
IV. 초고층 건물배관의 지지 및 내진대책

급수배관은 존별로 구획된 배관시스템이 담당하는 압력에 따라 10kgf/cm^2~30kg/cm^{2}의 하중을 견딜 수 있도록 적합한 사용압력을 견딜 수 있는 배관재료를 적용해야 되며 배수관의 재료는 특별히 높은 강도를 유지하는 배관을 사용할 필요가 없다. 그러나 각종 장비에서 발생하는 진동이나 지진에 대비한 방진, 초고층 건축물의 침하현상에 의한 shortening 대책 및 내진대책을 급수, 급탕 및 오배수 배관시스템에 대해서 수립해야 된다. 건축법의 제5장 38조에 규정된 내진설계 및 구조 안전대상 건물은 열 배관 신축, 자중에 의한 Shortening, 풍압에 의한 Sway를 동시에 적용되어야 하는 특성을 갖고 있다. 이러한 특성에 부합할 수 있는 배관시스템에 선정될 joint는 축방향 신축과 횡방향 신축을 동시에 흡수 가능하며, joint 파열로 인한 누수시 유지보수 및 내구성 등을 충분히 고려해야 되며 이러한 관점에서 초고층 건물은 [표 4]와 같이 injection type ball, multi, slip, any joint 등을 각종 배관시스템에 적용하고 있다.

V. 맺음말

최근에 등장한 초고층 건물의 건설은 지속적으로

[표 4] 각종 joint 성능 비교표

구 분	ball joint	slip joint	multi joint	any joint
외형 및 내부구조				
주기능	신축흡수, 굴절, 비틀림, 회전, 내진	직선배관 신축흡수	신축흡수, 굴절 비틀림, 회전, 내진	신축흡수, 굴절, 비틀림, 회전, 내진
신축흡수량 및 실시개소	볼조인트간의 L거리 340mm 1개소 2개 소요	신축량 100mm 1개소 설치(단식)	단식 100mm 1개소 설치	joint간 L거리 300mm 2개 joint 적용
max pressure /max temp.	45(kg/cm^2)/400°C	45(kg/cm^2)/400°C	45(kg/cm^2)/400°C	20(kg/cm^2)/120°C
Sway 변위량 흡수	적용 가능	불가능	적용 가능	적용 가능
내진 변위량	적용 가능	불가능	적용 가능	적용 가능
Shrotening	적용 가능	100mm 단식 적용	200mm 단식 적용	적용 가능
수명 및 경제성	구조상 파열이 없으며 35년간 사용해도 문제 無	구조상 파열이 없으며 35년간 사용해도 문제 無	구조상 파열이 없으며 35년간 사용해도 문제 無	가격저렴, 변위량 볼조인트보다 작은 라인에 경제적

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr

유지될 것으로 판단된다.

이러한 관점에서 최고층 건물에서 적용되고 있는 급배수설비의 계획단계에서 고려할 사항을 논의하였다. 특히, 초고층 공동주택이 많이 건설됨으로써 적용되는 급수방식이 고가수조방식에서 펌프직송방식으로 변화되고 있다.

또한 초고층 건물의 등장으로 적용되는 배관재료의 강도 혹은 내진설비 및 shortening 방지대책 등을 추가적으로 고려해야 하듯이 보다 향상된 삶을 제공하기 위해 적용되고 있는 위생설비의 안정성 확보는 최적의 기능을 확보하는 관점에서 새로운 문제로 제기되고 있는 시점이다.

새로운 신기술과 신공법이 많이 개발되어 쾌적한 삶의 질 향상에 기여하듯이 위생설비의 중요성이 초고층 건물의 등장으로 더욱 부각되길 기대한다.

(집필자 연락처 : 031-870-3319)

AURIC Architecture & Urban Research Information Center All Digital Rights Reserved.
Architecture & Urban Research Information Center, http://www.auric.or.kr