

외국의 상수도 직결식 급수시스템 구축사례 분석

선진 외국의 상수도에서 실시하고 있는 직결식 급수시스템의 기술과 제도에 대한 사례를 분석·평가하고, 장래 국내 실정에 맞는 직결식 급수시스템에 대한 대안을 제시하고자 한다.

이 현 동

직결급수의 의의

전쟁이라는 극한상황을 겪은 후 우리 나라의 각종 시설은 국가 비상사태를 대비하여 설치하는 경우가 많았다. 우리 나라에서 건축법 및 주택건설촉진법의 규정에 의하여 일정규모 이상의 주택과 건물마다 의무적으로 설치하는 지하저수조도 여러가지 목적중에 무엇보다도 국가 비상사태시에 비상식수의 확보를 목적으로 하여 설치되었다. 이외에도 전쟁으로 폐허화된 상수도시설이 1960년대의 경제개발계획의 성공적인 달성으로 크게 확충되어 1970년에는 시설용량 약 216.6만m³/일, 급수인구 약 1,043만명에 달하였으나 급격한 산업발전으로 인한 서울을 비롯한 대도시의 인구집중으로 배수지를 비롯한 상수도시설의 용량은 도시지역의 급수수요에는 크게 부족하여 시간제 급수와 급수지역의 제한이 불가피한 상황이었다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 하나로서 대단위 주거시설에는 급수보조시설로서 저수조를 설치토록 하였다. 이러한 이유에서 설치된 저수조는 그 동안 대도시의 급수난을 해결하는 중요한 시설로서 활용되어 왔다.

그러나 1990년대에 달하여 수도권 광역상수도 건설사업을 비롯하여, 금강 광역상수도 건설사업 등이 단계별로 완성됨에 따라 서울시를 비롯한 도시지역

의 정수용량이 증대되고, 배수지 등 급수시설 용량이 확충됨에 따라 지하저수조에 대한 의존도가 크게 저하되고 있다. 반면에 저수조는 유지관리의 부실과 저수조시설의 노후 및 구조적 부실 등으로 인하여 수도물 공급체계에서 수질오염의 가능성이 상존하는 위생상 취약시설이라는 사실이 드러나고 있다. 실제로 지하저수조의 덮개가 소실되거나 구멍이 나서 쥐 등이 수조에 빠져 있는 일들이 목격되고 있으며, 수년전에는 서울시 서초구의 한 아파트 단지에서는 배수로로 생각하고 하수 및 오수를 버린 수로가 지하저수조에 연결되어 있는 것이 밝혀져 경악을 하기도 하였다. 또한 에너지 효율 측면에 있어서도 배수관의 수압을 지하저수조에서 소멸시키고, 다시 펌프를 사용하는 낭비적인 요소도 간과할 수 없는 점이다.

'90년대에 들어 저수조에 대한 의존도가 감소하는 시점에서 위생적, 자원효율적 측면에서 취약점을 지니고 있는 저수조의 설치 및 이용을 최소화하여 위생측면에서의 수질오염 우려를 해소하고, 나아가 수도물 공급압력의 효율적 이용에 따른 에너지 비용 절감효과를 목적으로 상수도 직결식 급수시스템의 확립에 대한 요구가 증대되고 있다.

직결식 급수의 확대는 현재 수질오염의 문제점이 제기되고 있는 저수조의 설치를 불가피한 최소한의

건물로 한정하게 되는 것으로 다음과 같은 장점이 있다.

- 저수조에서의 수질오염의 우려가 없다.
- 배수관의 관압 에너지 유효화로 에너지 절감을 기대할 수 있다.
- 저수조의 설치공간이 절약되므로 토지 및 건물의 이용율을 높일 수 있다.
- 저수조의 청소 등 관리비용이 필요없다. 반면, 단점으로는 다음과 같은 사항이 지적될 수 있다.
- 정수장 단수나 누수사고 발생에 따른 영향이 직접 소비자에게 전달될 가능성이 커진다.
- 배수관의 관압 변동에 직접적 영향을 받는다.
- 갈수기에 급수제한에 따른 출수량 부족 등이 발생할 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 직결식 급수시스템의 확대는 여러 가지로 장점이 있지만, 이에 수반되는 단점도 함께 가지고 있다. 뿐만 아니라 기존 건축물의 직결식 급수전환도 급수장치시설 개량공사의 어려움과 소요비용의 부담이 따르게 되며, 안정적 급수가 가능하기 위해서는 지역 및 경우에 따라 기본 계획의 재검토와 노후관의 교체, 배수지시설의 확보, 배수관의 정비 등이 선결과제로 남는다. 또한 저수조의 비상급수시설의 기능도 간과할 수만은 없는 실정이므로 직결식 급수체제시스템의 도입 및 확대는 위에 기술한 것과 같은 여러 가지 측면에 대하여 신중한 검토가 선행된 후 추진되어야 할 것이다.

외국의 직결식 급수시스템의 사례 분석

미국의 직결식 급수시스템

미국의 상수도는 기본적으로 직결식 급수시스템이다. 정수장의 운영자는 일반적으로 관말에서 수압이 1.5kgf/m² 이상이 되도록 상수도시설을 유지할 것을 요구받고 있으며, 대부분의 지역에서는 이러한 수압으로 별도의 증압없이 물을 사용할 수 있다. 다만 건물내의 급수가 원활하지 못할 경우 건물주는

임대가 나가지 않거나 입주자의 불편에 상응하여 임대료를 저렴하게 해야 하는 손실을 감수하여야 한다. 자연히 관말 수압으로 건물내에 물을 원활히 공급하지 못하는 고층건물의 주인은 건물의 유용가치를 유지하기 위하여 적절한 시설을 하고 있으며, 이러한 추가시설은 정수장이나 상수도위원회 또는 시청과는 무관한 개별적인 것으로 인식되고 있다.

• 시카고시

시카고시는 매우 오래된 도시로서 상수도시설도 각종 형태가 공존하고 있다. 시카고시의 외곽지역에 위치하는 주로 단층이나 2~3층 건물로서 관말의 수압만으로도 급수가 원활한 건물은 저수조 및 가압 설비없이 직결식 급수를 하고 있으며, 오래된 고층건물로서 관말의 수압만으로는 급수가 불가능한 경우에는 지하저수조를 두고 펌프로 옥상의 물탱크로 물을 올렸다가 건물내로 공급하는 경우도 있다. 반면 고층건물로서 지하저수조없이 곧장 옥상의 물탱크로 물을 공급하는 직결식 급수방식을 채택한 건물도 있다. 직결식 급수시스템에 관한 시카고시의 "Municipal Code #29"에서 수도물의 공급 배수관의 수압이 빌딩, 일반건축물, 가옥 등에 적절한 수압을 제공하지 못하는 경우에는 압력탱크시스템(hydro-pneumatic system), 증압펌프시스템(booster pump system) 또는 고가수조(gravity tank)를 설치하여 원활하게 수도물을 공급하도록 규정하고 있다. 시카고시는 오래된 도시로서 배수관망이 복잡하고 노후화되어 있어서 일정한 수압을 유지하지 못하고 있다. 이에 따라 시카고시의 고층건물들은 각각 필요와 상황에 따라 건물주가 적합한 방법을 선택하여 급수하고 있다. 어떠한 건물이 어떠한 방식을 선택하여야 한다는 강제규정은 없으며, 급수방법의 선택과 기존시설의 변경은 경제성과 기술적 합리성에 따른다.

• 로스앤젤레스시 및 덴버시

LA시나 덴버시도 시카고시와 크게 다른점은 없으나, 다만 피크시(peak time)에 시의 상수도 공급수

〈표 1〉 일본 4개도시의 직결식 급수현황

현황 도시	직결급수 실시년도	실시층수	수압(kgf/cm ²)	저수조 설치수	증압직결 급수방식의 도입
도쿄도 (東京都)	1989년	3층	1.7 (도쿄도 면적의 80% 구역)	20만개소(1993년말) 소규모: 87% 간이전용수도: 13%	1991년부터 검토
오사카시 (大阪市)	1987년	3층	2.5 (평균 배수관압)	43,000개소(1992년) 소규모: 37,000개소	1989년부터 조사·연구
고베시 (神戸市)	1987년	5층	(3층: 2.5, 4층: 2.9, 5층: 3.4)	-	6층이상으로 확대
삿포르시 (札幌市)	1986년 7월	5층	(4층: 2.5, 5층: 3.0)	-	1993년: 5층 직 결급수 확대 실시
요코스카시 (横須賀市)	1986년 10월	5층	(3층: 2.5, 4층: 2.5, 5층: 2.9)	-	1991년 10월: 증압시스템 개발

압의 급격한 감소와 변동을 막기 위하여 허가받은 경우를 제외하고는 직결식 급수를 목적으로 펌프시설을 시청 수도국 공급 배수관에 직결할 수 없도록 규정하고 있다. 그러나 이러한 규정이 직결식 급수를 금지하는 것은 아니며, 시청이 대비할 수 있도록 하기 위함이다. 시에서는 직결식 급수를 하는 경우 직결식 급수의 범위(직결식 급수가 가능한 높이)를 판단할 수 있도록 수도사업자의 배수관 공급수압(최소동수압)을 다음과 같이 규제하고 있다.

배수관말 지역에서의 수압은 지역내의 건물 1층 바닥(building pad)을 기준으로 하여 LA시는 최대 사용시간대(peak-hour)의 공급압력은 최소동수압 43psi(≒3kgf/cm²)를 유지하도록 하고 있으며, 덴버시는 최대 사용시간대(peak-hour) 공급압력은 최소동수압 40psi(≒2.8kgf/cm²)를 유지하도록 하고 있다. 이와 같은 배수관말 압력하에서 LA와 덴버시는 고가수조에 의하여 수압조정이 되는 지역은 8층

까지, 고가수조의 영향이 미치지 못하는 지역은 5층까지 직결식 급수를 시행하고 있다.

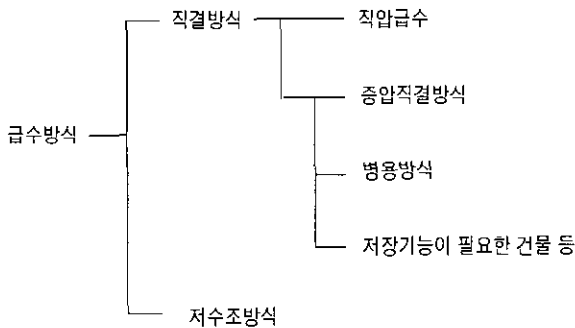
일본의 직결식 급수시스템

최근 일본에서는 건물의 중, 고층화됨에 따라 지하저수조나 옥상물탱크(고가수조)를 통과하여 각 가정으로 공급되는 수도물을 사용하는 시민이 증가하고 있다. 이러한 저수조의 수도물은 체류시간이 비교적 길어 수질이 악화되는 경우가 많으며, 특히 법규제를 받지 않는 소규모 저수조시설에서는 저수조의 유지관리 소홀에 의한 위생문제가 지적되어 시급한 해결책이 요망되고 있다.

따라서 1991년 6월에 발표한「21세기를 향한 수도정비의 장기목표」를 보면, 일본 후생성은 수질개선 등의 중점시책으로 직결식 급수범위의 확대를 추진하고 있으며, 수도사업체에서도 충분한 양의 수도물 사용량을 공급하기 위한 시설확충과 시설정비 뿐

<표 2> 도쿄도(東京都)의 직결식 급수시스템의 전환조건 지침

분 류	구 분 1	구 분 2
배수관의 동수압	1.7kgf/cm ² (166.6kPa) 이상 2.0kgf/cm ² (196kPa) 미만	2.0kgf/cm ² (196kPa) 이상
대 상 건 물	3층까지의 주택, 공동주택, 또는 상가주택 (4층이상 건물은 대상에서 제외)	
배수관으로부터의 분기구경	25 ~ 50 mm	
급수기구의 높이	배수관이 매설되어 있는 도로면으로부터 7.5m 이하	
3층 부분에서의 급수기구의 설치	온수가열기 등 특별한 수압이 필요한 기구의 설치는 "불가"	필요 수압 0.5kgf/cm ² (49kPa) 이하의 기구이면 설치 "가능"
3층 단독배관	"불가"	"가능"



[그림 1] 도쿄도에서 직결식 급수방식의 체계도

만 아니라 수질향상을 위해 노력하고 있다.

본 절에서는 이러한 사회적 상황하에서 도쿄도(東京都) 및 오사카시(大阪市), 삿포르시(札幌市), 고베시(神戸市), 요코스카시(横浜市)에서 소규모 저수조의 위생문제를 해소하고, 시민 서비스의 향상을 목적으로 직결식 급수를 도입하기 위한 기본방침 및 진행 상황을 살펴보았다. 표 1은 도쿄도((東京都)의 4개 도시의 직결식 급수현황에 대하여 비교, 분석한 것이다.

• 도쿄도(東京都)

도쿄도 수도국에서는 1989년도부터 건축기준법을 개정하여 3층 건물까지 직결식 급수를 실시하고

있다. 3층이상 건물에 직결식 급수의 확대방식을 보면 수도사업자측이 배수시설에서 급수구역 전체를 증압하는 방법과 사용자측이 대상건물의 급수관에 직접 증압펌프(BP)를 설치하여 직결식 급수를 실시하는 방식으로 나눌 수 있다.

도쿄도 수도국에서는 직결식 급수의 확대방식으로서 사용자측이 급수관에 직접 증압펌프(BP)를 설치하여 건물에 증압하는 방식을 채용하는 것으로 하였다. 이 방식은 지하저수조, 옥상물탱크의 유지관리가 불필요하며, 지하저수조, 옥상물탱크의 설치공간이 불필요하고, 배수관 수압을 유효하게 이용할 수 있는 에너지 활용시스템이 있는 등의 특징이 있다. 그림 1은 급수방식의 체계도를 나타낸 것이다.

도쿄도 수도국에서는 1989년에 건축기준법의 개정과 관련하여 1989년 7월 1일부터 3층 건물까지 배수관 동수압 1.7kgf/cm² 이상의 지역에서 직결식 급수를 실시하고 있다. 도쿄도 수도국에서 설정한 직결식 급수시스템 전환조건이 표 2에 자세히 정리되어 있다.

직결식 급수의 범위를 3층 건물까지로 한정하는 이유는 첫째로 3층건물의 직결식 급수를 위하여 동수압을 1.7kgf/cm² 이상으로 유지하는 것이 현재 배수관망에 큰 부담을 주지 않으면서 달성할 수 있으며, 둘째 3층까지의 건물은 별도의 증압설비 없이도 저수조 우회관(by pass)의 설치만으로도 배수관압에

의하여 직결식 급수가 가능하기 때문이며, 셋째로 직결식 급수를 단계적으로 도입함으로써 새로운 제도에 의한 각종 예기치 못했던 부작용을 줄이고, 또한 장차 직결식 급수의 확대에 따른 문제점들을 사전에 파악하여 대비하고자 함이었다.

• 오사카시(大阪市)

오사카시는 종래부터 2층 건물까지는 직결식 급수로 하고, 그 이상의 건물은 저수조의 설치를 고려하여 상수도시설을 정비하였다. 또한 오사카시는 지형이 평탄하여 모두 펌프압송방식으로 배치되어 있으므로 평균수압이 0.25MPa(2.5kgf/cm²) 수준이다. 따라서 배수관 수압의 현황을 보다 상세히 파악하기 위하여 시내전역의 소화전을 대상으로 24시간 수압변화를 조사한 결과, 배수관의 최소동수압 0.18MPa 이상을 확보할 수 있는 지역은 시전체의 약 80%이었으며, 0.20MPa 이상의 지역은 70%, 0.25MPa의 지역은 약 30%인 것이 조사되었다.

또한, 오사카시에서는 1987년 12월부터 3층으로 지어진 준용주택에 한해 시내전역에서 이미 배수관 수압에 의한 직결식 급수를 실시하고 있다. 그러나 우선 현재의 배수관 수압에 의해 3층건물까지 직결식 급수가 가능하기 위해서는 평균 배수관압이 0.25MPa 이상 필요하기 때문에 직결식 급수가 가능한 지역은 시지역의 약 30% 정도이었다. 이 때문에 배수관 수압에 의해 직결식 급수를 확대하는데는 직결식 급수가 불가능한 지역을 해소하여 공평성을 확보할 필요가 있다. 그 대책으로서 배수펌프의 고양정화(高揚程化)와 배수관의 정비 등이 필요하다. 현재 오사카시에서는 배수관 수압에 의한 직결식 급수를 3층건물까지 실시하고 있다.

오사카시는 급수방식에 따른 직결식 급수가능범위를 설정하고 있으며, 직결식 급수방식중에서 직압식은 여러 가지 형태가 있을 수 있으나 공통적인 사항은 별도의 중압시설없이 배수관의 압력만으로 지하저수조 및 옥상물탱크없이 건물내로 직접 물을 공급한다는 것이다. 또한 배수관의 압력만으로 수압이 필요한 기기에 직접 물을 공급할 수 있게 하기 위하

여 상수도 출수기구의 높이는 지상으로부터 7.5m 이내에 있도록 규정하고 있다. 도쿄도의 경우에서 전술한 바와 같이 배수관 수압이 1.7kgf/cm²로는 지면 상부 7.5m까지 안정적으로 물을 밀어 올릴 수 있기 때문이다.

급수가압식은 직결식 급수이므로 기존빌딩과 비교하면 지하의 저수조를 사용하지 않고 있다. 그러나 대상건물이 높아 배수관의 수압만으로는 직결식 급수를 할 수 없으므로 직압식에는 없는 펌프를 중압시설로서 사용하고 있다.

• 고베시(神戸市)

고베시는 1987년 11월에 소규모 3층건물에 대해 직결식 급수를 실시하였다. 처음에는 실시사례도 적고, 현행의 급수시스템과 제도에 대해 미치는 영향이 불분명한 것도 많아, 신축건물중 12호 이하의 주택과 700m² 이하의 업무용 빌딩 등의 소규모 3층건물이 대상이었다. 그후 시공기준 등의 문제점을 확인하면서 층수 및 규모 등을 확대하여 왔다.

직결식 급수도입에서 특히 유념해야 할 것은 저수조가 갖고 있던 배수관으로의 부하경감 기능과 저장기능, 역류방지 기능이 적어지는 것에 대한 영향과 직결식 급수를 실시 못하는 지역과의 공평성의 문제 등이다. 게다가, 수압이 낮은 지역으로의 직결식 급수확대를 위해 수압을 상승시킬 경우 누수량이 증가될 우려가 있다. 누수와 수압은 밀접한 관계가 있다는 생각에서 배수구역내의 평균수압을 감소시키려는 노력을 하였던 시책의 방향도 전환하여야 한다.

고베시에서는 법적규제에 적용되지 않는 10m² 이하의 소규모 저수조의 관리 강화대책으로서 1994년 4월 1일부터 고베시 자치요강에 의해 소규모 저수조 설치자는 보건소장에게 년1회 이상의 청소, 점검을 준수하도록 하고 있다. 특히 3m²을 초과한 저수조는 간이전용수도와 같이 년 1회 이상의 지정검사기관에 의한 수검의무를 부과하였다.

• 삿포로시(札幌市)

삿포로시에서는 소규모 저수조의 수질관리문제 해

<표 3> 샷뵤르시의 직결식 급수 중점사업내용

기 간	중 점 사 업 내 용
1990~1991년	<ul style="list-style-type: none"> · 수격압(water hammer)작용의 검증 · 각종 급수기구(給水器具)의 손실수두 측정 · 5층까지 직결식 급수 실시를 위한 과제 정리
1992년	<ul style="list-style-type: none"> · 5층 건물대상지역, 사전협의제도 및 5층 건물까지 직결식 급수의 기술기준을 정함 · 5층 직결식 급수 실시의 기본방침 결정
1993년	<ul style="list-style-type: none"> · 최종적인 과제 정리를 하기 위한 준비기간으로 정함 · 배수관 수압조사 · 5층 직결식 급수 희망자와의 사전협의 및 홍보를 실시

결과 에너지 절약을 주목적으로 1986년 7월부터 3층건물까지 직결식 급수를 실시하였고, 1993년부터 5층까지 직결식 급수 범위를 확대 실시하였다. 이 기간동안 중점 사업내용을 표 3에 나타내었다. 샷뵤르시는 5층 직결식 급수를 당초 예정한 대로 1993년까지 실시하였고, 그후에는 대상지역 및 고층건물에 대한 직결식 급수확대를 도모하고 있다.

• 요코스카시(横須賀市)

요코스카시에서는 1984년부터 1986년까지 저수조실태조사와 3층 건물에 대한 직결급수(급수관 관말 수압 : 0.2Mpa)를 실시하였으며, 1989년에는 "중압급·배수시스템 검토위원회"를 구성하여 직결식 급수범위에 대한 분석을 하였으며, 그 주요내용은 의 작업분석은 다음과 같다.

첫째, 필요성 분석에서 수요자의 사용과 급수서비스의 문제나 저수조 방식에 의한 장, 단점 분석 등의 기본적 사항까지 조사하였다.

둘째, 저수조 방식의 실태과악에서 급수구역내 어느 지역에 중, 고층 건물이 건축되어 있는가와 저수조 용량은 어떠한가 등이 분석되었다.

이후 요코스카시에서는 1990년에 5층 건물 직결식 급수 실증데이터를 수집하여 1991년부터는 4, 5층 건물에 직결식 급수를 실시하고 있다.

독일의 직결식 급수시스템

• 뉘른베르크시의 EWAG

뉘른베르크시의 상수도사업은 시가 전액 출자한 EAWG(에너지, 물공급 주식회사)가 운영하고 있다. EAWG의 사업내용은 전기, 물, 가스의 공급과 일부지역의 원격난방이다.

– 배수시설의 현황

배수방식은 대부분이 배수지로부터의 자연유하 방식을 취하고 있는데, 4개소의 배수지로부터 공급하고 있다. 그러나 일부에서는 배수지보다 높은 지역이 있어서 이들 지역의 경우에는 지역별로 펌프 가압에 의해 증압하여 공급하고 있다.

– 배수관 압력 및 급수방식

배수관의 평균압력은 약 6.12 kgf/cm²인데, 최대수량 공급시 최저수압의 경우 3.4 kgf/cm²를 확보하고 있다. 또한 감압밸브는 5kgf/cm²를 초과하는 배수관망에 설치된다. 배수량은 주간에 많고, 야간에 적어 하루를 통하여 변화하고 있으나 가장 수량이 많은 때는 오후 6시 전후로 평균수량의 2배 가까이 이른다.

급수방식은 직결식 급수방식으로서 일반적으로 5층까지의 건물은 배수관의 압력으로 공급하고 있다. 그러나 6층 이상의 건물에서는 증압펌프(booster pump)가 필요한데, 건물의 소유자가 건

물내에 설치하여 증압한다. 증압펌프(BP)는 와권 펌프를 사용하여 최저 2대(예비 1대)의 같은 용량의 펌프를 설치하여 교대로 운전한다. 2대 이상을 설치하는 경우에는 수요가 최대(Peak)에 이를 때에는 1대를 예비로 남겨두고 전부 가동한다. 그러나 증압펌프가 가변속펌프일때는 소비량에 따라 가변한다.

한편, 각 건물의 최저공급 압력의 목표는 단층건물은 2.04kgf/cm², 3층 건물은 2.75~3.06kgf/cm², 5층 건물은 3.47~4.08kgf/cm²로 하고 있다. 역류방지에 대해서는 수도물의 수질보호를 위해서 위험성이 있는 장소에서 역류방지장치의 설치가 의무화되어 있고, 위험도의 5단계에 따라 10종류의 기구를 구분하여 사용하도록 분류되어 있다. 급수장치공사에 있어서는 급수재료 및 설비의 설계시공에 대해서 DIN 1988에 규정되어 있으며, 사업자는 이것에 준거해서 시공하지 않으면 안되고, 또한 시공은 자격이 있는 등록업자에 의해 시행되어진다.

• 뮌헨시

뮌헨시 수도국의 사업부는 관리분야, 계획분야 및 공사분야로 이루어져 있다. 수원은 알프스산맥으로부터의 용수(湧水)를 취수하고 있어 수량은 풍부하다.

- 배수시설의 현황

수원지에서 시내의 배수지에 들어가기까지 대부분(90%)이 자연유하식이다. 배수지는 3개소가 있고, 시지역을 높은 지구(高區), 중지구(中區), 낮은 지구(低區)인 3개의 배수블럭으로 나누어 공급하고 있다. 또 주요 배수관에는 감압밸브 등이 설치되어, 수압조정이나 긴급시 상호용통(연락)이 가능하도록 되어 있고, 이들의 물운용은 배수컨트롤센터(distribution control center)에서 수압, 유량 등을 항상 감시하고 있다.

- 배수관의 압력 및 급수방식

배수관의 압력은 4.08~6.12 kgf/cm² 정도이다. 급수방식을 직결식 급수방식이고, 지역에 따라 압력에 차이가 있으나 원칙적으로는 배수관의 압력으로 6

~7층까지는 직결식 급수가 가능하다. 또한 전체 시지역 건물의 90%가 배수관으로부터 직결식으로 급수하고 있다. 이처럼 통상의 건물은 현 상태의 압력으로 충분하여 압력부족이 생길 우려는 없다.

그렇지만 그 이상 높은 건물인 경우에는 건물의 소유자가 옥내에 증압펌프(BP)를 설치하여 증압한다. 이들 상수도기술의 설계 및 시공 기준은 DIN(독일공업규격)으로 상세히 규정되어 있다.

기타 유럽의 직결식 급수시스템

• 스웨덴 말메시

말메시의 수원은 80%가 시에서 50km정도 떨어진 호소에서 펌핑(pumping)해서 여과하고 배수지까지 자연유하시킨다. 또한 나머지 20%는 15km정도 떨어진 장소에서 70m 깊이의 지하수를 끌어올려 공급하고 있다.

- 배수시설의 현황

시내는 3개의 배수블럭으로 나뉘어져 있고, 80%의 구역이 자연유하이며, 18%와 2%의 높은 지역은 배수관으로부터의 펌프가압이다. 또 시구역내 급수탑이 최저 각 블럭내에 1개소 설치되어 있고, 전부 4개소이다.

배수관망은 거의 도로망을 따라 배수관이 부설되어 있고, 배수간선은 고리모양(환상형, loop type)을 형성하고 있으며, 급수탑, 배수관 및 감압밸브 등에 의해 수압조정이나 상호용통 등도 가능하도록 되어 있다. 한편, 종합병원 등의 중요시설의 급수관은 배수관에서의 분기부 양측에 밸브를 설치하던가 건물주변의 다른 배수관으로부터 분기를 수행하여, 사고 시 2계통에서의 급수가 가능하도록 되어 있다.

- 배수관의 압력 및 급수방식

배수관의 압력은 3.57~7.14 kgf/cm²이며, 급수방식은 직결식이다. 5층까지의 건물은 배수관으로부터의 압력으로 직결식 급수한다. 또 6층 이상은 건물의 소유자가 옥내에 증압펌프(BP)를 설치하여 증압시킨다.

한편, 배수관의 최저압력은 3.57 kgf/cm²로 하고 있는데, 엄밀히 보증되어 있지 않다. 수격압(water

hammer)의 방지는 그다지 빠른 유속을 생성하지 않도록 파이프 치수에 관한 일반 규격이 있다. 또 급수관내 혼합수전은 급격히 폐쇄되면 수격압의 원인을 만들기 때문에 최신형은 빨리 작동하도록 개선되고 있다.

• 네델란드의 암스테르담시

암스테르담의 상수도는 1853년에 민영회사에 의해서 시작되었지만, 1869년에 암스테르담시의 시설로 되어 시의 상수도사업으로서 오늘에 이르고 있다. 수도국의 급수부에서는 개발과, 계획과, 검사과, 재료과, 심사과 및 총무과가 있다. 수원은 하천수 및 호소수가 있고, 일부 오존에 의한 정수처리를 수행하고 있다.

- 배수시설의 현황

배수는 시내에 5개소의 펌프장이 있어 전체 시지역이 펌프가압으로 공급되고 있다. 한편 펌프장은 하나의 1개소의 블럭에 1개소 설치되어 있어, 각각 블럭을 공급하고 있다. 각각 블럭은 상호용통(연락)이 가능하도록 되어 있고, 또한 정전시 등의 대책으로 자가용 발전설비를 갖추고 있다.

- 배수관의 압력 및 급수 방식

배수관의 압력은 2.55 kgf/cm² 정도이다. 급수방식은 직결식이고, 4층까지의 건물은 배수관으로부터의 압력으로 직결식 급수한다. 또한 이 이상 높은 건물은 중압펌프(BP)를 이용한 직결식 급수이고, 건물의 소유자가 옥내(지하1층)에 설치하여 중압시킨다.

건물로 공급되는 목표 최저압력은 2.55 kgf/cm²로 되어 있고, 건물의 최고 급수전의 최저층 수압은 1.02 kgf/cm²를 목표로 하고 있다. 고층건물의 급수시스템은 건물의 층수에 따라 급수지역을 설치하여 4층까지는 배수관이 직압, 그 이상의 층은 저층용 펌프와 고층용 펌프 등 각각 전용펌프를 설치해서, 각각 전용 급수관에 의해 직결식으로 급수된다. 한편 중압펌프(BP)의 설계는 전문설계업자에 의해 계획되고, 수도국은 그 계산서, 배관도 등의 심사를 수행한다.

역류방지는 Montou out방법(위험도를 5단계로 분류)에 의한 방식으로 수행하고 있다.

• 벨기에의 브뤼셀시

브뤼셀시의 상수도사업은 23개 행정구가 모여 구성된 시의 수도국으로 운영되고 있다. 상수도사업이 발족된 당시는 4대구가 모여 시작되어 오늘에 이르고 있고, 1991년에 100주년을 맞이했다. 현재는 브뤼셀시내 급수외에 주변도시로도 급수하고 있다.

수원은 대부분이 지하수이며, 대표적인 수원지는 시내에서 약 100km 떨어진 장소에서 해발 175m의 높은 지구에서 암거(터널)에 의해 지하수를 모아 파이프(pipe)로 시내까지 자연유하로 보내고 있다.

- 배수시설의 현황

시지역을 낮은 지구, 중간 지구, 높은 지구의 배수블럭으로 나누어, 각 블럭에 배수지를 설치, 배수지에서는 자연유하로 배수관망으로 보내고 있다. 낮은 지구의 지역은 압력이 높아져 와류되지 않도록 감압밸브에 의해 조절되고 있다. 또 높은 지구지역의 급수는 구역내에 있는 3개소의 펌프장에서 가압하여 공급하고 있다.

- 배수관의 압력 및 급수방식

배수관의 압력은 2.55~8.16 kgf/cm²이다. 급수방식은 직결식 급수방식이고, 일반적으로 6층까지의 건물은 배수관 압력으로부터의 직결식 급수이다. 또한 이 이상 높은 건물에 대해서는 건물의 소유자가 중압펌프(BP)에 의해 중압하는 직결식 급수이다. 중압펌프를 설치하는 경우에는 펌프 설치계획을 제출하여 수도국의 승인을 얻는다. 또한 중압펌프의 설치대수에 대해서는 1대의 펌프용량이 크면 가압펌프 시동시 흡인에 의한 흡입측의 배수관에 압력이 급격히 저하하므로 가압펌프 용량을 작게 하여 복수대수로 설치하고, 순차 가동시켜 흡입측의 배수관내 압력이 급격히 저하하는 것을 막도록 되어 있다. 한편, 펌프의 유지관리에 대해서는 수도국은 개입하지 않는다.

역류방지에 대해서는 ANSEAU(벨기에 수도협회)의 규제가 있고, BWA(벨기에 수도국) 및 유럽

〈표 4〉 유럽 5개국 직결식 급수방식에 의한 공급체계의 비교분석 총괄표

항목	도시명	루첸시 수도국	뮌헨시 수도국	뉘른베르그시 EWAG	말메시 수도국	암스테르담시 수도국	브뤼셀시 수도국
수원		지하수·호소수	지하수	지하수	지하수·호소수	호소(지하)수 · 하천수	지하수·하천수
급수인구		60,000명	1,356,000명	509,000명	233,000명	1,250,000명 (주변도시포함)	1,250,000명 (주변도시 포함하여 210만명)
배수지 용량		27,500m ³ 높은지구 11,500m ³ 낮은지구 16,000m ³	306,000m ³	210,000m ³	배수지 10,000m ³ 배수압(4개소)	—	290,000m ³
급수량		30,000m ³ /d(평균) 47,200m ³ /d(최대)	403,000m ³ /d 451,000m ³ /d	113,000m ³ /d 240,000m ³ /d	79,000m ³ /d 110,000m ³ /d	220,000m ³ /d 320,000m ³ /d	389,400m ³ /d 435,000m ³ /d
배수방식		자연유하	자연유하(90%) 펌프가압	자연유하와 펌프가압 (일부높은장소)	자연유하와 펌프가압	펌프가압	자연유하, 펌프가압 (일부높은장소)
배수압력		4.08~10.2kgf/cm ²	4.08~10.2kgf/cm ²	2.04~6.12kgf/cm ²	3.57~7.14kgf/cm ²	2.55~3.93kgf/cm ²	2.55~8.16kgf/cm ²
배수관종		주철관, 강관 폴리에틸렌관	덕타일주철관, 주철관, 강관	덕타일주철관, 주철관, 강관 플라스틱관	덕타일주철관, 주철관, 폴리에틸렌관, 프레스트레스트 콘크리트관	덕타일주철관, 주철관, 강관, 석면시멘트관, 콘크리트관, 플라스틱관	덕타일주철관, 주철관, 강관, 석면시멘트관, 플라스틱관
급수관종		강관, 동관, 플라스틱관, 아연도강관	아연도강관 등	아연도강관, 강관, 동관, 플라스틱관	덕타일주철관, 폴리에틸렌관, 강관, 플라스틱관	동, 납관, 주철관, 플라스틱관, 폴리에틸렌관	폴리에틸렌관, 강관, 덕타일주철관
중·고층 건물		배수관 직결 6~7층(99%)	배수관 직결 6~7층(99%)	배수관 직결 4~5층	배수관 직결 5층	배수관 직결 4층	배수관 직결 6층
증압펌프 (BP)		유	유	유	유	유	유
역류방지		역지밸브	역지밸브 (계량기 하류)	역지밸브 (계량기 하류)	역지밸브 (계량기 하류)	역지밸브 (계량기 하류)	역지밸브 (계량기 하류)

규제에 따라 브뤼셀시 수도국에서 감시하고 있다. 급수장치 공사는 수도공사협회에 가맹하고 업자가 시공한다. 또한 수도국과 급수시설의 책임범위는 원칙적으로 수도계량기이다.

● 급수방식

급수방식은 각 도시가 직결식 급수방식이고, 이에 필요한 배수관의 압력은 건물의 높이 등에 따라 각 도시마다 다르지만, 압력이 낮은 도시에서도 2.55~

3.93 kgf/cm²이고, 또한 압력이 높은 도시에서는 최고 10 kgf/cm²로 되어 있다.

또한 배수관으로부터의 직압에서는 급수압이 부족한 높은 건물에 대해서는 건물소유자의 부담으로 옥내에 증압펌프(BP)를 설치하여 압력을 증가시킨다. 한편, 최고 급수전의 최저동수압은 각 도시의 상황에 따라 차이가 있지만, 0.31~1.02 kgf/cm²로 하고 있다.

결론 및 제언

현재 우리 나라 실정으로는 비상용 저수조시설의 축소, 조정 등이 관련기관의 연구, 검토나 협의가 진행된 상태로 각 수도사업자들도 직결식 급수확대에 대한 연구나 기초자료의 조사가 아직도 미비하고, 배수관 직결용 가압급수장치도 일부만 상용화되어 있으므로 우선 시, 도 급수조례에 의하여 설치된 저수조시설이나 급수사용자가 임의로 옥상물탱크를 설치한 건축물중 현재의 배수관 공압급압(상시유지 최소동수압)으로 직결식 급수가 가능하고, 노후관 교체와 배수시설의 정비가 완료되어 안정적 급수에 확신이 있는 소규모 급수구역에 대하여 직결식 급수확대에 대한 지속적인 연구와 시범적 실시가 가능할 것으로 판단되며, 소형 옥상물탱크시설의 관리를 강화할 필요가 있고, 다음과 같이 제언하고자 한다.

정책적 사항

- 수도사업자의 수돗물 공급에 대한 법적 규제를 강화하여 수돗물의 안정적인 공급에 대한 책임의식 제고 및 기술의 향상을 도모하여 직결식 급수시스템 도입을 보다 더 확대함으로써, 불필요한 저수조시설(가압시설 포함) 및 옥상물탱크 시설의 신설을 억제하고, 기존시설의 폐쇄 또는 개량을 유도한다.
- 공동주택 단지 등의 단지조성 사업이나 재개발사업, 구획정리 사업사행에 따른 상수도시설중 배수지 설치 공사비는 물론 공동주택 등의 개별적 저수조(가압시설 포함)설치 비용을 징수하여 수도사업자가 수탁공사로 시행할 수 있도록 하여, 전용 배수지 또는 공동 배수지를 통한 직결급수가 효율적으로 이루어지도록 한다.
- 직결식 급수의 시범적 실시 확대(정부예산지원) : 직결식 급수체계 도입에 따른 기술적 검토 및 확대 실시의 촉진과 홍보를 위하여 소규모 배수지, 배수탑(고가수조)의 설치 및 이에 따른 소규모 송배수관 정비예산을 정부예산으로 지원한다.
- 수도요금의 현실화 : 수돗물의 안정적 공급 및 안전한 급수를 위한 기존 정수처리시설 개선과 배수시

설 및 취수원의 확충 등 송배수시설의 정비는 물론 송, 배수관압 원격감시 등 시설운영과 유지관리 시스템의 자동화로 안정적 급수와 서비스 향상에 필요한 자원을 확보할 수 있도록 수도요금을 현실화하여 국민들로부터 신뢰받을 수 있는 직결식 급수체계를 확립토록 한다.

기술적 사항

- 송, 배수관의 단수 또는 압력저하시 역사이편 현상에 의하여 급수장치 시설인 저수조(특히 옥상물탱크), 및 옥내급수관 등으로부터 수돗물이 역류하여 배수관을 오염시키게 되므로 이를 방지하기 위한 역류방지기를 신규 급수공사시 즉시 시행하도록 하고, 기존급수전에 대하여도 조속히 역류방지기를 설치토록 한다.
- 저수조 구조기준의 개선 : 현재 대규모 저수조가 1개의 수조형식으로 되어있어 장기간 단수가 불가능하여 내부 점검 및 보수가 곤란한 경우가 많으므로 신설의 경우 수도법에 규정된 시설기준에 의거 2개 이상의 수조형식으로 시설토록 하고, 기존 저수조에 대하여도 개선토록 유도한다.
- 건축설비 기준 개정 : 연립주택, 다세대 및 다가구주택의 옥내 급수관이 협소한 구경으로 설치되어 있어 출수상태가 불량한 곳이 발생하고 있으며, 직결식 급수전환이 곤란한 경우가 많으므로 건축설비 기준을 강화한다.

행정적 사항

- 현재 서울시를 비롯한 시, 군의 수도사업자들이 수돗물공급 배수관의 유지관압이 높은 지역과 낮은 지역을 구분하지 않고, 일률적으로 저수조 설치대상 건축물을 확대하여 조례로서 규정하고 있으나, 일부 건축물(서울시의 경우 지역에 따라 5층 이상)은 저수조 및 가압시설을 운영하지 않고, 직결식 급수를 실시하고 있는 사례가 많으므로, 수도사업자로 하여금 급수조례 및 급수공사 승인규정 등을 개정하여 불필요한 저수조(가압시설을 포함)를 설치하는 사례가 없도록 하고, 기존의 조례위반 직결식 급수건

축물에 대하여는 양성화하도록 한다.

- 신축건축물에 설치하는 저수조시설의 설계심사, 시공감리, 준공검사에 대한 기준과 책임을 강화한다.
- 직결식 급수지역내 직결식 급수대상 급수전의 단수가 불가피한 경우를 대비하여 급수차 또는 인근 급수탑 및 소화전 등을 이용한 비상급수체계를 운영토록 한다.

수도정비 기본계획의 재검토

- 수도법 제4조(수도정비 기본계획의 수립)"에 의거 각 수도사업자에게 수도정비 기본계획에 직결식 급수확대 도입계획을 추가토록 지시 및 지도한다.

제언

직결식 급수체계 도입은 물론 기존 상수도시설인 송·배수계통의 에너지 절약 및 유지관리방안에 대한 다음과 같은 정부차원의 조사, 연구가 지속적으로 실시되어야 한다.

- 적정 비상급수량의 산정과 유지방안 및 비상급수시설의 구조, 설치위치, 관리방안
- 직결식 급수시스템에서 효과적인 역류방지를 위한 배관시스템이나 구조
- 중, 소도시를 선정하여 상수도 공급체계에 대한 기능진단을 실시하여 직결식 급수시스템 확대를 위한 제반 기초자료의 확보 및 활용방안 등이다. ●