

# 누수방지대책 실무



글 손창섭 \_ 계획설계과장 · 서울특별시 상수도사업본부

❖ 협회에서는 매년 전국 지자체를 순회하며 최신 상수도 관련 기술 및 정보에 관한 기술교육을 관련 공무원을 대상으로 실시하고 있습니다. 본 글은 순회교육시 교육 자료로 활용되었는바, 시간상 교육 참여가 힘들었던 관계자들을 위해 재편집하여 협회지에 실어 드리오니 업무에 참고하시길 바랍니다.

## 제 1 장 누수방지 계획

### 1. 무수량의 구분

일반적으로 공급과정에서의 누수는 노후한 수도 관로의 접합부가 이완 또는 이탈되거나, 수도관이 오래되어 녹이 슨 부분이 침식되어 누수공이 생기거나, 토양 또는 지하철에서 누설되는 전류에 의한 부식으로 누수공이 발생되어 수돗물이 새게 된다.

이러한 누수는 땅속에 거미줄처럼 얽혀 있는 수도 관로에서의 누수를 발견하고, 수리를 하더라도, 동일 관로의 여기저기에서 새롭게 발생하게 된다.

무수량	수도계량기 불감수량	수도계량기의 회전감도 등이 불량하여 요금징수가 안 되는 수량
	부정급수량	수요가에서 부정한 방법으로 사용하고 있는 수량
	미계측수량	각종 건설공사 중 수도시설을 손괴시켜 새는 수량
		수도사업자가 상수도공사나 배수지를 세척할 때 사용하는 수량
		수질보존을 위하여 소화전이나 퇴수밸브를 열어서 나가는 수량
		소화전이나 퇴수밸브의 작동상태를 점검하기 위하여 흘러나가는 수량
누수량	수도 관로에서 수도계량기 이전에서 계측되지 않고 새어나가는 수량	
조정감액수량	수요가의 물탱크나 급수용기에 적수 등이 유입되어 수도계량기의 계측수량에서 공제하는 수량	

표 1) 무수량의 구분

또한 발견하기도 어려워 기존의 누수 구멍이 확대되어 시간이 흐르면서 누수공이 커지므로 누수량도 증가하게 된다.

이렇게 수돗물이 공급되는 과정에서 수도계량기에 계측되어 수

도요금을 받는 유수량에 비하여 수도계량기에 계측되지 못하여 수도요금을 받지 못하는 무수량은 표 1)과 같이 분류할 수 있다. 근래에는 도시가 산업화되면서 지하철에서 누설되는 전류에 의한 부식과 이중금속 간에 전위차에 의한 부식, 이중토양 및 산업폐기물에 의한 수도관부식 등에 의하여 누수공이 발생되고 있다.

### 2. 누수방지의 효과

상수도 행정의 주요 지표중 하나는 수도꼭지에서 ‘깨끗한 수돗물이 공급’ 되도록 하여야 하고, 다른 하나는 수돗물의 공급과정에서 수도관 밖으로 누수되지 않고, 수요가까지 보내져 수돗물을 생산한 만큼 수도요금을 받아들일 수 있게 하여 ‘유수율을 증대’ 시키는 것으로 나눌 수 있을 것이다.

‘깨끗한 수돗물의 공급’을 위해서는 저류시설 건설에 따른 재원을 확보하고, 상수원 건설에 따른 지역간의 갈등을 해소하여야 하며, 상수원 상류지역의 수질 확보를 위한 하수처리장 건설 등을 하여야 하고, 정수장에서는 기존의 정수처리 시설을 효율적으로 운영하여 깨끗한 수돗물을 생산하며, 배급수 과정에서의 2차 오염예방을 하여야 할 것이다.

그러나 이렇게 많은 노력과 건설비를 투자하고, 에너지를 들여 만든 수돗물도 공급과정의 관로에서 누수가 된다면 에너지 낭비로 인한 국가적인 손실은 물론이고, 누수로 인한 시민 급수의 불편과 누수 보수를 위한 도로 굴착으로 교통체증을 유발시키며, 주변 건물 침수로 인한 시민의 재산 등에 피해를 주게 된다.

중요한 것은 ‘물’이라는 자원이 무한적인 자원이 아니라 유한자원이라는 점이다. 수자원의 부족은 인간 생활의 기본적인 삶에 대한 위협과 직결되는 주요한 문제이므로 상수도 사업에 있어서 유수율 증대는 가장 중요한 사안으로 대두되고 있다.

따라서 유수율 증대의 일환인 누수방지 사업의 필요성은 경제적

인 효과보다는 인간에 필요한 자원을 지키는 것으로 상수도 관로에서의 누수를 감소시키게 되면 다음과 같은 유익한 점이 있을 것이다.



▲ 관로에서의 누수사고

- ① 누수사고로 인한 누수보수 비용을 줄일 수 있을 뿐 아니라 교통체증을 방지하며, 누수사고 주변의 각종 시설피해로 인한 피해배상이나 누수 보수비용을 줄일 수 있다.
- ② 수도물 공급과정에서 누수로 수압이 저하된 출수불량 지역을 감소시키며, 절감된 누수보수 비용으로 체계적인 배수관망을 구축할 수 있다.
- ③ 누수량이 줄어든 양만큼 생산량을 줄일 수 있고, 적절한 정수장 시설의 확보로 정수장의 추가 건설비용을 감소시킬 수 있다.
- ④ 여유 있는 정수장의 시설로 단수 없이 시설물을 보수하거나 수리시설의 체류시간 증가로 깨끗한 수도물을 생산할 수 있다.



▲ 누수사고로 인한 수도물 공급

- ⑤ 적정하게 정수장 시설이 운전되므로 유지관리를 위한 인건비 및 정수처리비 등을 감소시킬 수 있다.
- ⑥ 상수원 확보를 위한 저류시설을 적정화함으로써 댐 시설 등의 투자비를 감소시킬 수 있다.
- ⑦ 누수 되는 물의 하수처리량을 감소시켜 하수처리비를 줄일 수 있고, 수자원의 효율적인 이용 등을 꾀할 수 있다.

공도의 배수관에서 수도계량기 이후의 옥내 급수관 누수가 발생하는 경우에는 수도요금의 가산으로 비교적 빠른 신고가 이루어지고 있으나, 배수관의 분기점에서 수도계량기 사이에서 누수가 발생하는 경우에는 누수 되는 물로 주변 시설에 직접적 피해가 없는 한 누수 위치를 발견하기가 어렵다.

이러한 누수의 경우 겉으로는 위험이 없는 것 같아 보이지만 누수 되는 물은 땅 속의 공극을 통하여 예상 밖의 장소에서 물이 흐르는 경우가 있다.

그러므로 누수 위치의 발견은 전문적으로 누수를 조사하는 사람이라도 쉽게 찾을 수가 없으므로 누수 위치를 발견하기 위해서는 주의 깊게 관찰하여야 한다.

누수탐지 중 음청조사 작업은 지상 및 지하에서 발생하는 복잡한 소리 중에서 음청봉, 누수탐지기를 이용하여 누수음을 판별하고, 누수지점을 탐지하는 작업이 있다. 누수음은 물이 관외로 유출하게 되면 관벽을 마찰할 때 생기는 마찰음, 관을 감싸고 있는 여러 가지 밀도의 토질에 해당하는 충격음 등이 복잡하게 합성되어서 관, 토사 등을 매체로 전달되어서 땅위로 전달된다.

그런 주파수는 주변의 토질, 포장의 종별, 관의 재질 및 땅에 포함된 물의 상황 등의 조건에 따라 크게 변동한다.

특히 비금속관은 금속관보다도 누수음의 전파가 떨어지기 때문에 음청조사 작업에 의한 누수지점의 탐지는 용이하지 못하다. 이밖에 관내의 유수음, 차량의 주행음 및 다른 진동음은 유사 누수음이 상시 존재하여 음청의 장애가 되는 경우가 많다. 누수탐지기에 의한 누수음과 잡음과의 판별에는 상당한 경험과 숙련을 필요로 함으로 사용기에 익숙한 것이 중요하다.

## 제 2 장 누수방지 작업

### 1. 누수의 원인과 대책

수도관에서 발생한 누수는 부식성 수도관이 주변의 환경요인 등에 의한 부식으로 인한 누수도 있지만, 노후 된 수도관을 교체하면서 기존 노후관을 분기점에서 철거하거나 폐쇄하지 않아 발생하는 잔존 수도관에서의 누수도 많다.

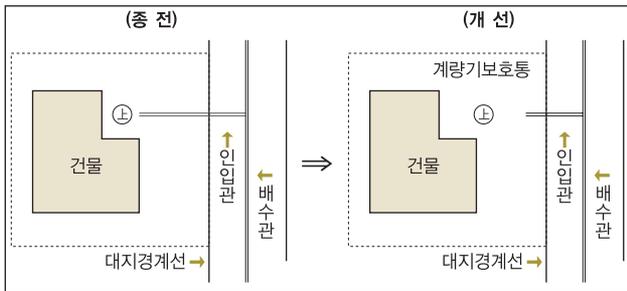
특히 가정으로 인입하는 급수관이 노후하여 수도관을 교체할 때는 새로운 급수관을 묻으면서 기존의 급수관을 배수관의 분기점에서 철거 또는 폐쇄하지 않거나, 급수관 교체 지점을 수도사업자와 수요가의 관리한계 지점인 대지경계선까지만 교체함으로써 인하여 기존의 노후 수도관이 남아 있어 누수가 되고 있다.

이렇게 배수관의 분기점에서 철거되지 않는 잔존 급수관에서의 누수 발생도 문제이지만, 대지경계선에서 수도계량기 보호통까지의 누수는 수도계량기 이전에서의 누수로 수요가에서 누수 수리하여야 하나 수도계량기 이전에서의 누수로 수요가에서의 재정적 손실이 없으므로 수도사업자가 누수수리를 하게 된다.

누수가 자주 발생하는 관로 구간은 상수도관 부설 당시의 시공이 부실한 것도 원인이지만, 관 재질이 불량하거나, 부등침하에 의한 누수가 발생하는 경우에는 누수 보수를 하여도, 주변 관로에서 재차 누수가 발생하는 경우가 많으므로 누수 원인을 분석하여 이를 해결할 수 있는 적절한 방법으로 조치하여 동일한 문제가 재발생 하지 않도록 하여야 할 것이다.

이러한 누수에 대한 문제점을 종합하여 보면 다음과 같은 방법으로 누수방지 대책을 강구하여야 할 것이다.

- ① 가정집의 급수관을 개량할 때는 대지경계선에 근접하여 수도계량기 보호통을 설치하고, 배수관에서 수도계량기 보호통까지 급수관을 교체한다.



▲ 급수관 정비시 수도계량기 보호통까지 개량

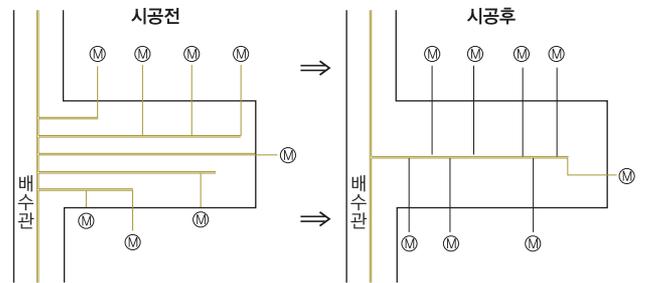


▲ 누수사고 발생지점

- ② 노후 배급수관을 정비할 때는 아연도강관 또는 PVC관을 위

주로 노후관 정비에 대한 사업을 지속적으로 추진한다.

- ③ 누수복구시 발견되는 수도관이 잔존 수도관일 때는 배수관의 분기점에서 철거하여 재차 누수를 방지토록 한다.
- ④ 급수관을 개량할 때는 배수관의 노후도를 확인하여 배수관과 함께 개량되도록 하여 노후한 배급수관에서의 누수발생을 근본적으로 조치한다.
- ⑤ 기존 건물을 철거하고 새로운 집을 지을 때나 2~3채의 집을 헐고 큰 건물을 지을 때 기존의 급수관을 폐전 또는 구경 확대하여야 할 경우는 기존관을 배수관의 분기점에서 철거 또는 폐쇄한다.
- ⑥ 누수발생 위치를 도면에 표시하고, 동일 관로 구간에서 누수가 다발되면, 이러한 구간을 선정하여 골목길의 시점과 종점을 횡단 굴착하는 등으로 잔존 수도관을 확인하여 누수요인을 제거한다.
- ⑦ 과거에는 한 골목길에 수요가마다의 수도관이 난립된 급수관이나 여러 가닥의 배수관을 하나의 배수관과 급수관으로 통합하여 정리하여야 한다.

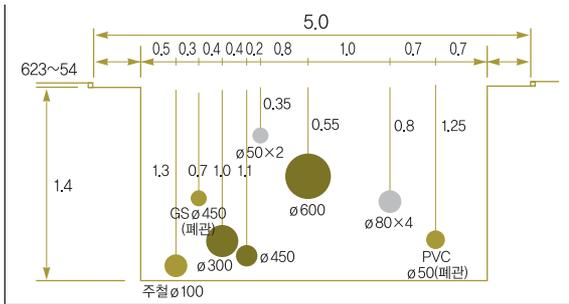


▲ 골목길 배급수관 정리

- ⑧ 정수장이나 가압장 별로 송수되는 양을 급수구역의 수도관 연장과 비교하여 단위 연장당 누수발생 건수가 많거나 수압이 높은 수계에 대하여는 적절한 관압이 유지 되도록 조치한다.
- ⑨ 해당 급수구역내의 주요 격점이나 등고선 지점별로 최고, 최저 및 평균수압을 조사하여 이상 수압구간을 찾아 지속적인 누수방지사업을 실시하면, 누수탐사의 효율을 극대화시킬 수 있다.

다른 면으로 상수도관 부설시에는 관로 주변의 토질, 습윤상태, 지하수위, 타종 관과의 접합 및 전기부식 우려지역 등에 따른 상수도 관종의 선택 기준을 설정하여 수도관을 부설토록 하고, 일부 수압부족지역이나 가압지역에는 유량조절용(가변속도 제어)

포장종류	도로폭	국책연장	굴착폭	심도	상수도	도시가스	통신	전기	하수도	L.N.G	기타
ASP	6.0m	5.0m	0.75m	1.4m	●	○	●	○	●	○	○



▲ 횡단굴착 단면도와 사진

가압 펌프로 급수토록 하여 과수압에 의한 누수량을 줄여야 할 것이다.

또한 과거에는 급수 수요가 발생할 때마다 수요가 별로 적은 관경의 전용 상수도관을 한 가닥씩 매설하여 한 골목에 여러 가닥의 수도관이 매설된 경우가 있으므로, 골목길 내 여러 가닥의 급수관을 통합하여 급수 수요에 맞는 배수관을 부설하고, 이 배수관에서 수요가별 급수관이 분기되도록 수도관망을 정리하여야 한다.

## 2. 노후관 정비

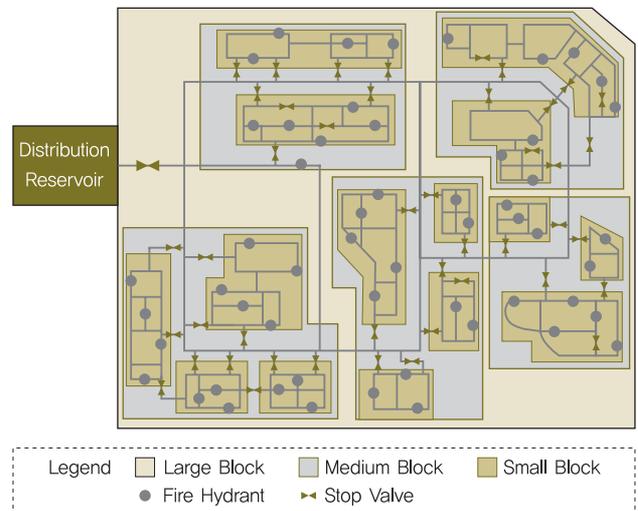
기존 시가지에 매설되어 있는 오래된 녹슨 수도관과 노후관을 개량할 때는 철거 및 폐쇄가 안 된 기존관에서의 누수가 많이 발생하고 있다. 과거 급속한 경제 발전으로 도시로의 인구의 집중과 팽창으로 바둑판 모양의 체계적인 순환 배수관망이 되지 않아 높은 수압으로 수도관이 파열하고 있다. 또한 종전에는 가정으로 인입하는 노후한 급수관을 공도의 배수관에서 대지경계선까지만 개량을 함으로써 대지 내의 가정 급수관에서 누수가 발생되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 블록단위로 순환 배관망을 정비하기 위하여

- ① 블록별로 노후관 연장이 많고, 누수발생 건수가 많으며, 야간 최소유량이 높은 취약지역부터 집중정비
- ② 기존관에 녹물이 나오거나 소출수 발생지역을 우선 정비
- ③ 나뭇가지 모양의 관망을 바둑판 모양의 배수관망으로 정비하여 수요가에 균등급수와 유량측정 등이 용이하도록 정비
- ④ 배급수관 정비사업이 시행되는 소블록에 대하여 공사 감독자

가 준공 전, 후에 야간최소유량방법으로 효과분석 실시

- ⑤ 배급수관정비사업을 시행하는 지역 내의 부식성 급수관은 시비부담으로 수도계량기 이전까지 교체하도록 한다.



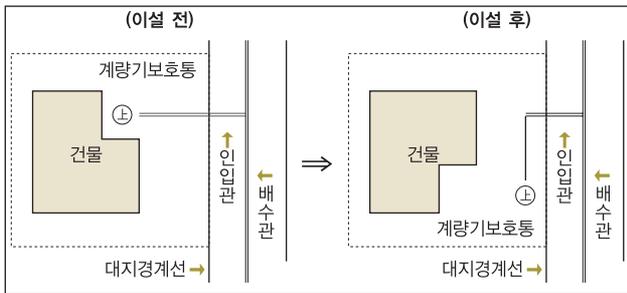
▲ 블록 배관망 정비 방향

종전에는 1개의 단일 관로로 배수 및 급수하던 관망체계를 바둑판 모양의 순환 배관망 형태로 하여, 간선배수관과 블록 내 배수관으로 나누고, 급수관은 블록 내 배수관에서 분기하여 급수토록 한다.

이렇게 하여 블록 내 모든 관로에서 균등수압을 유지토록 하여 수충압에 의한 누수방지 등이 필요하다. 수요가의 급수관을 개량할 때는 잔존관이 발생하지 않도록 배수관 분기점의 노후도를 확인하여 배수관과 함께 골목길 주변의 급수관을 일괄하여 개량하여야 한다. 소블록별 야간최소유량 측정을 위해서는 유량 측정용 변실을 설치한다.

### 3. 수도계량기 이설

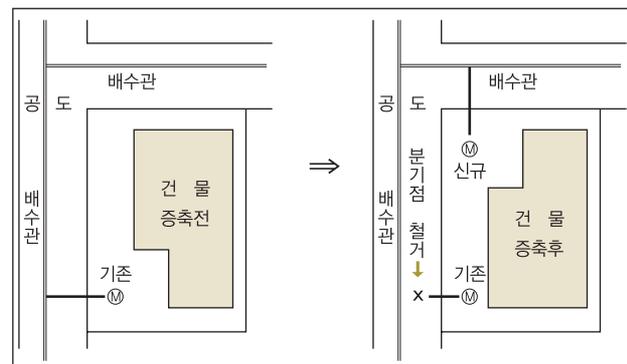
기존 건물을 헐고 큰 건물로 건축할 때나 몇 개의 건물을 헐고 빌딩을 질 때는 대부분 건축공사를 하기 위하여 기존 수도계량기의 위치를 횡 방향으로 이설 하는 경우가 많다. 이 때 기존의 수도계량기를 이설할 때는 수도계량기 이설 방향과 공사현장 확인이 안 될 수 있으므로 다음과 같이 수도계량기 이설도를 그려, 수도계량기 이설 처리대장을 정리하여, 수도계량기를 횡 방향으로 이설 하는 건은 지역담당자에게 통보한다.



▲ 수도계량기 이설 예시도

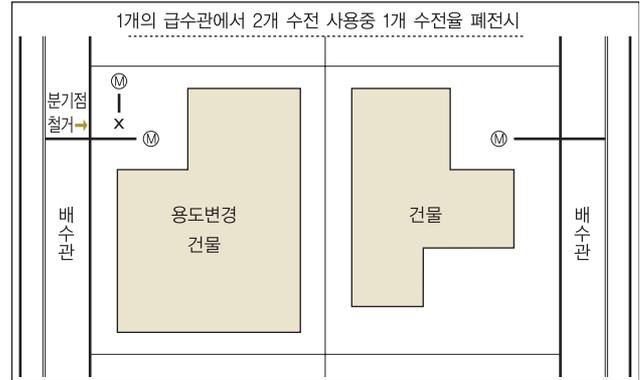
### 4. 급수관의 구경확대 및 폐전

기존의 작은 수도계량기로 급수를 하던 수요가가 건물을 증축하여 급수관의 구경을 확대하여 급수할 때에는 대부분이 기존의 수도계량기 위치와 신설되는 수도계량기 위치가 달라지므로 새로이 구경확대만 할 경우 기존 급수관이 잔존관이 될 우려가 많다.



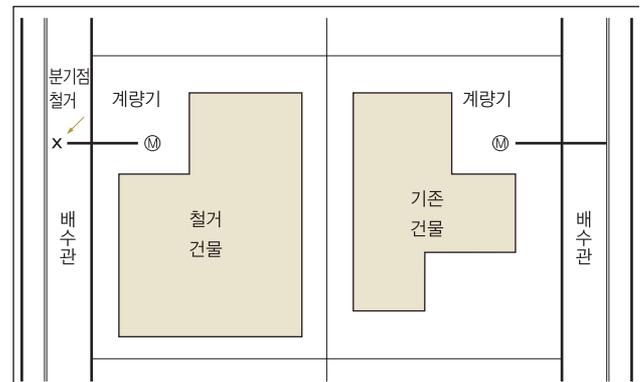
▲ 기존과 구경확대 급수관의 위치가 다를 경우

그러므로 건물 증축 등으로 급수관을 구경확대(기존의 급수관 방향과 상이 할 때)하거나, 기존 수전을 폐전 처리 시에는 기존의 급수관을 배수관의 분기점에서 절관 하여야 한다. 기존 급수관의 분기점을 잘 모를 경우에는 수도계량기 보호통에서 역으로 굴착하거나 철사를 넣어 기존관의 위치를 확인하여 배수관의 분기점에서 철거한다.



▲ 수전분리 급수관을 폐전시

기존에 급수하고 있던 급수전이 재개발 및 건물의 철거 등 수요가의 사정에 의하여 기존의 수도계량기로 급수하던 수전을 폐전하고자 할 때는 수도계량기의 철거와 기존에 급수하고 있던 급수관에 대한 지하 절관 처리결과 내용을 기록 관리하고, 배수관 및 급수관의 분기점에서 절관한다.



▲ 기존의 수전을 폐전시

그리고 불량주택재개발 및 도심재개발사업 구역 내 급수관도 분기점에서 철거하거나 골목길의 시점과 종점의 배수관 분기점에서 철거한다.

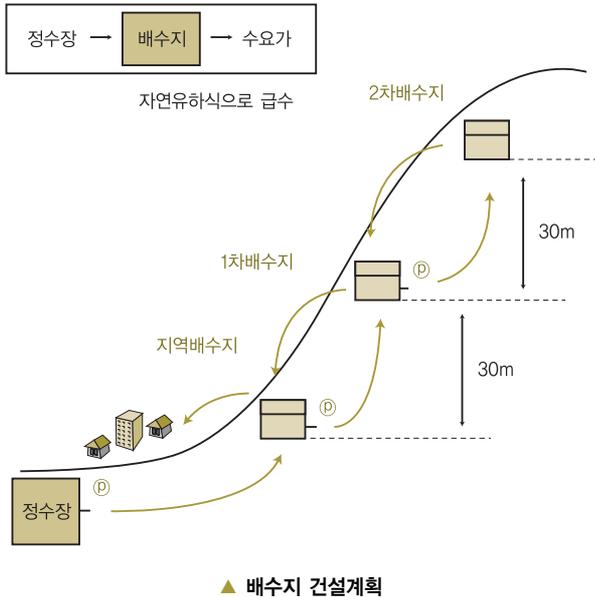
## 제 3 장 배수관의 정비

### 1. 블록의 구분

배수관 정비사업을 추진하면서 과거에는 배수 관로를 나뉘어 지 모양의 관망으로 시공함으로써 효율적인 급수운영체계가 이루어지지 못하여, 수도관의 관말에서는 수압이 떨어지거나, 수돗물을 많이 사용하는 아침, 저녁에는 물이 잘 나오지 않거나, 물이 정체되어 수돗물 맛이 다를 수 있고, 적수 등이 발생하는

경우도 있었다.

또한 노후 배급수관 정비를 종전에는 수돗물이 잘 나오지 않는 소출수 지역이나 다세대, 다가구 신축으로 급수 수요가 늘어나 배수관의 구경확대를 필요로 하는 지역, 노후관으로 인한 누수가 많은 관로를 대상으로 부분적으로 여기저기 시행하다 보니, 나뭇가지 모양의 관망이 형성되어 누수탐사나 누수량 분석 등 체계적인 관리를 하지 못하였다.



▲ 배수지 건설계획

이러한 문제점을 개선하기 위하여 송배수관의 기능을 분리하고, 배수관망을 서로 연결하여 수돗물이 정체되지 않고 순환되도록 비상 관로망을 구축하고, 배수관을 격자형 관망으로 블록화 하여 수압의 균등화와 지역간 수요공급을 원활히 하도록 하여 신선한 수돗물 최단 시간내 공급하도록 하고 있다.

체계적인 관리를 위한 블록 배수관망을 구성하기 위해서는 배수지별, 주요간선 계통별로 완전하게 구역을 나누고, 그 위에 지형, 하천 및 철로 등을 따라 몇 개의 블록으로 분할하고, 그 블록은 지역 여건을 감안하여 시내를 적당한 크기의 블록으로 설정하여야 한다.

일반적으로 1개 블록의 크기는 배수관망이나 급수전수 등을 고려하여 결정하지만, 배수관 연장은 2~3km, 급수전수는 500~800전, 급수인구는 2,000~4,000인 정도의 크기로 블록을 나눈다.

이렇게 나눈 블록 중 과수압 지역에는 감압변 등을 설치하여, 관로간 균등 수압이 되도록 조치하고, 배수관의 부설은 수도정비 기본계획에 의하여 장래 급수 수요량을 예측하여 급수 수요에

맞는 수도관을 매설하여야 도시의 급속한 팽창과 주택정책의 변화에 대비할 수가 있다.

소블록을 구분할 때는 동일 수계 지역으로 하고, 가급적 지반고의 고저 차가 심하지 않은 동일 지반고 내를 기준으로 도로나 2중 배관된 구역을 경계하여 소구역 블록 단위가 형성되도록 한다. 이러한 소블록의 구분은 기존에 설치된 배수관을 블록 경계마다 절관하여 블록 내에서 순환 배관망을 형성토록 하는 것보다는 간선도로의 배수관을 따라 블록 경계마다 제수밸브를 설치함으로써, 기존관을 충분히 활용토록 한다.

또한 소블록을 직접 또는 간접적 방법에 의한 유량측정으로 누수조사를 효과적으로 할 수 있게 아래사항을 참고하여 블록의 배수관망을 정비하는 일이 유효하다.

- ① 간선도로
- ② 하수 박스가 부설된 도로
- ③ 철도 및 하천을 구분한 경계
- ④ 2중의 배수관이 부설된 도로
- ⑤ 대배수지 구역 및 소배수지 급수구역
- ⑥ 가압 또는 증압펌프에 의한 급수구역
- ⑦ 석축, 옹벽 등에 의하여 지반고가 급격히 변화하는 구간
- ⑧ 구획정리지구 등 1개 블록이 너무 큰 블록은 2개 이상의 소블록으로 구분

블록망에 의한 급수방식은 간선배관과 나란하게 소블록별 배수관을 부설토록 하여 급수장치나 소화전 등은 배수관에만 설치하고, 간선배관은 도로 중앙에 부설하여 좌우측의 소블록과 연결하는 배수관을 분기하여 누수 사고 등으로 단수를 할 때 단수구역이 최소화되도록 한다.

이러한 격자형 관망의 특성은 관망해석이 용이하고, 송배수 시설의 정비 계획을 합리적으로 시행할 수 있으며, 배수관의 수압이 안정된 상태에서 수요자에게 균등하게 급수되고, 수격작용이 저하되어 급수장치를 보호할 수 있다.

또한 당해 블록의 공급량과 과질량에 따른 누수 조사가 용이하고, 누수 사고시 단수 구역이 협소하여 급수의 불편이 적고 누수 복구가 쉬우며, 유량 측정, 수질 측정, 수압 변동 등의 급수상태를 분석하기도 쉬워져 각종 사고 발생시를 대비한 감시체제가 가능한 장점이 많으나, 복식 배수관망으로 관로 부설비가 상당히 증가한다.

이렇게 구성된 각 주요 간선배수 관로의 사용효율을 조사하여, 배수관로의 사용효율이 낮은 관로를 새로운 급수구역에 대한 간

선배관으로 사용하여 수도관로의 경제성을 높여 나간다. 이 수도관의 사용효율은 연간 배수량을 배수관 연장으로 나눈 값으로 하여 비교한다.

대배수지 급수구역 분할	- 간선대로, 철로 - 강 또는 하천 등으로 구분
소블록 개략 분할	- 구 경계, 간선 및 지선도로로 구분 - 지반고가 변하는 구간 - 하천, 지천 및 암거가 설치된 도로
배수관망 계획	- 간선배수관 계획 - 소블록 내 배수관계획
소블록 규모 조정	- 배수관 2~3km - 급수전수 500~800전 - 급수인구 2,000~4,000인
소블록 내 배수관망 계획	- 배수관 350mm 이하 순환배관망 구성 - 소화전, 퇴수밸브 등 설치 계획 - 노후배급수관 교체 계획
소블록 유입지점 설정	- 2~4개 유입지점 설정 - 배수관간 순환배관망 형성 - 유입지점에 유량계설 설치
소블록 확정	

표 2) 소블록 분할 흐름도

## 2. 배관망 정비계획

배관망 정비를 위한 계획은 우선 기존관의 부설위치, 부설년한, 관종, 관경 및 부설구간과 연장 등을 조사하여, 기존의 배관망도를 수정 작성한다.

이 수정된 배관망도에서 기존관이 아연도강관, 강관 및 회주철

관 등의 부식성관에 대하여는 향후 상수도 기본정비 계획과 목표연도에 맞는 관경으로 선정하여, 배관망도에 트레이싱페이퍼를 입힌 다음 계획배관의 부설 계획년도, 신설 배관구경을 표시한다.

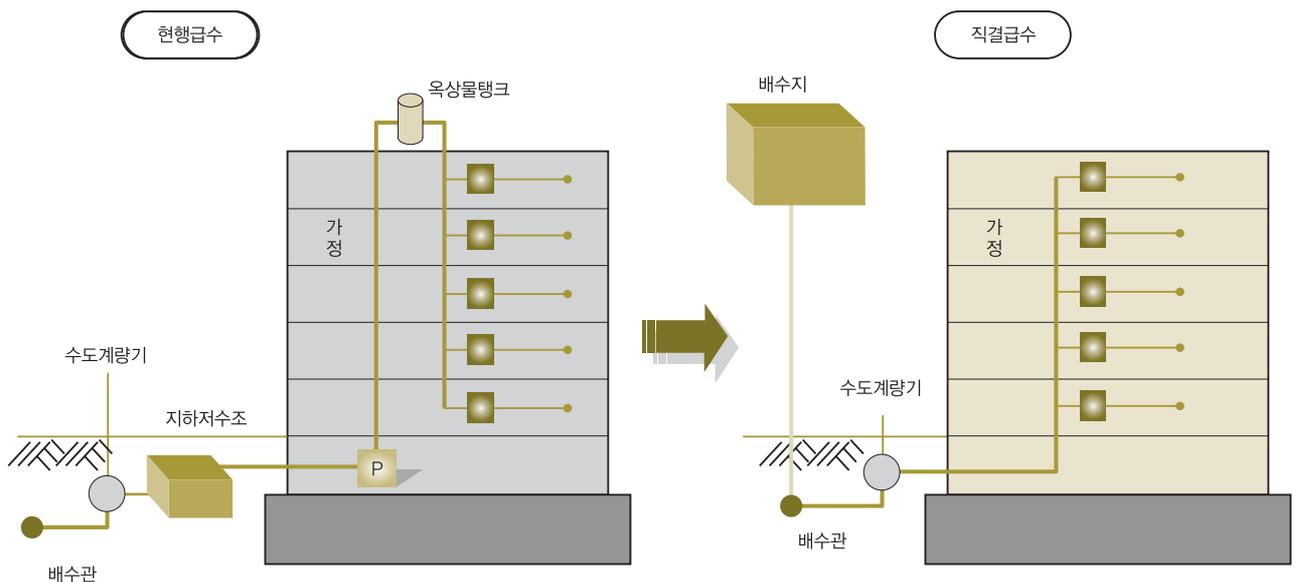
다만 소블록별 격자형 배수관 정비사업에 의한 과도한 초기투자의 비용 부담으로 출수불량 해소 등 민원 해결을 위한 수도관 정비사업이 후 순위로 밀려날 수가 있다.

그러므로 사업을 시행할 때에는 우선 기존관이 노후하여 적수현상이 발생하는 구간이나 다세대, 다가구주택 및 대규모 빌딩 등에 급수관 분기로 인근의 기존 급수지역에 출수불량 등이 발생하는 지역, 고지대 관말지역 및 수혜가구가 많은 지역, 관경협소, 관노후 및 누수다발 관로 및 사유지 및 하수도내 수도관 부설 등으로 시설 유지관리에 문제가 있는 관로 등이 고려된 사업 우선순위를 결정하여 시행하여야 할 것이다.

이러한 격자형 배관망에 의한 배급수관 정비공사를 계획할 때에는 아래 사항을 유의하여 단위사업을 계획하여야 한다.

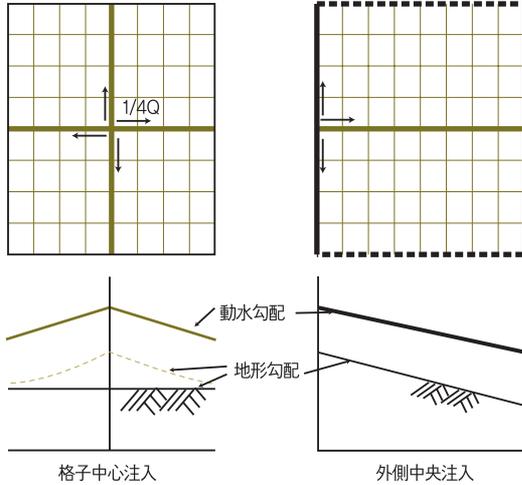
① 지역배수지설치 및 직결급수 체계에 의한 배관 계획 등 상위 계획을 참고로 하여 수계간 분리, 자연수와 가압수간 분리, 관망 해석 및 잔류 수압 등에 의한 급수 배분을 할 수 있는 배관망을 구성한다.

특히 배수지 수위와 고지대 급수지역간 표고차가 근소하여 소출수되는 지역은 증압장치를 시설하여 급수될 수 있는 근본대책을 강구한다.



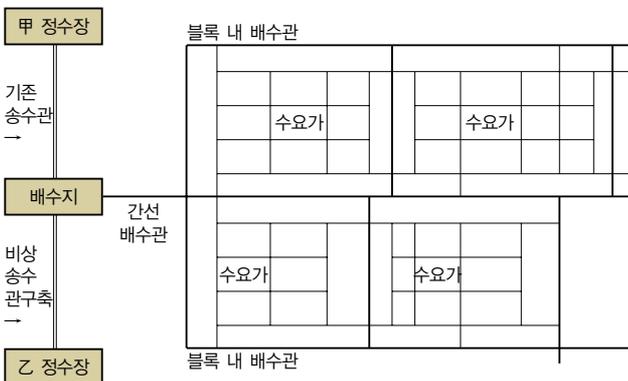
▲ 직결급수체계

② 간선 배관에서 블록내로의 유입관로는 기존의 배관망을 보아 가급적 블록 내 각각 지점이나 유량분배가 최대가 될 수 있는 곳에서 유입되도록 하여야 한다. 특히 배수관의 구경은 직결 급수와 향후 급수 소요량을 판단하여 충분한 배수 관경으로 부설하여 2중 투자에 따른 공사비를 예방하여야 한다.



▲ 주입점 위치와 지관망의 최적 간선배치

- ③ 블록 배관망 형성으로 조정된 일부 블록 중에는 블록에서 다시 나눈 블록이나 수전수가 과다한 블록, 구 경계의 중복, 간선도로 및 암거가 있는 블록 등은 재조정하여 블록번호를 부여하여 블록망을 관리한다.
- ④ 기존의 노후 관로는 매설 연도를 알 수 없는 관로가 많으므로 개량사업 구간의 노후관로에 대하여는 본 공사 착공 전에 우선 기존 관로를 절단 또는 부단수 친공을 하여 노후관 상태를 확인하고 개량사업의 공사 계속 진행 여부를 결정한다. 또한 공사 중 확인된 관로의 배관구경, 관종 및 노후 상태 등은 배관망도에 정리하고 향후 사업계획을 할 때 적극 활용한다.



▲ 바닥판 모양 배관망

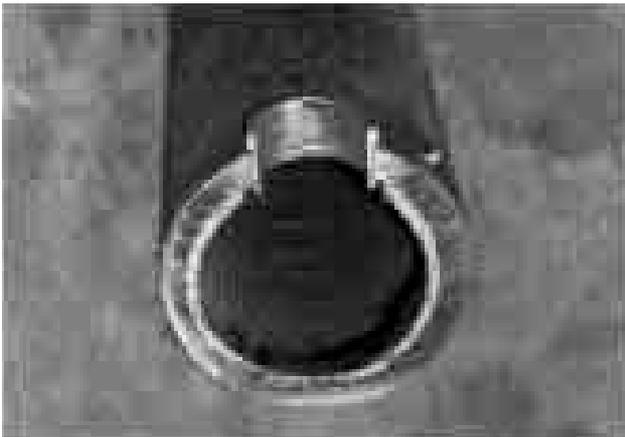
- ⑤ 블록 고립시 블록 내 유입지점 변화에 따라 유수 방향이 변화되어 적수나 이물질 등이 발생 할 수 있으므로 퇴수변이나 소화전 등의 설치 및 활용 방안을 강구하여 조치한다. 배급수관을 부설하고 급수를 위하여 통수할 경우에는 관내부 청소를 위한 퇴수시설을 이용하여 충분히 관세척을 하여 깨끗한 수질을 확보한 후에 통수하여야 한다.
- ⑥ 상수도 관로의 유지 관리를 위하여 관로표지못을 설치한다.
- ⑦ 블록내에 세대수가 많은 공동주택이나 빌딩 등의 다량급수처가 있거나 수전수가 많은 블록에서는 다량급수처용의 별도 유입 관로를 확보하여 소출수 지역이 새로이 발생치 않도록 한다.
- ⑧ 당해 블록 이외의 도로로 횡단하는 소형 배수관로는 블록 내에서 순환 급수토록 배관을 정비하고, 횡단하는 급수관은 배수관에서 분기점을 폐쇄하여 블록내의 배수관에서 급수할 수 있도록 배관을 정비한다.
- ⑨ 수지식 관말 관로, 가압수와 자연수 경계간 및 막다른 골목길의 배급수관에서는 정체수로 인하여 수돗물의 수질이 오염될 수 있으므로 관로 간에 순환 배관망을 하거나, 막다른 골목길의 배수관에는 관말에 퇴수변을 등을 설치한다.
- ⑩ 노후관 정비사업 전에는 노후관으로 인하여 소출수 되던 지역이 개량사업 후에는 수량 및 수압이 호전되면서 불용관에서 누수발생이 빈번할 수 있으므로 불용관은 배수관의 분기점에서 철거를 원칙으로 한다. 특히 노후관정비사업 구간에는 출수 호전으로 수요가의 옥내 배관이 노후한 경우 수압이 상승하여 누수, 녹물 출수 및 막힘 등이 발생할 수 있으므로 이에 대한 홍보를 하여 수요가로 부터 민원이 발생치 않도록 한다.
- ⑪ 급수관을 개량할 경우에는 배수관의 노후도를 병행 조사하



▲ 급수관 개량공사

여, 노후 배수관일 경우 급수관과 노후 배수관을 함께 개량하여야 한다.

- ⑫ 블록 내 횡단굴착은 급회 부설되는 구간을 사전에 시·종점을 횡단 굴착하여 여러 개의 난립된 노후관은 철거 및 폐쇄하여 1개의 내식성 배수관에서 인입관 개량을 하고 횡단 지점별로 사진촬영을 하여 배관망도를 정리한다.
- ⑬ 노후 인입 급수관을 개량할 때는 불용관이 발생하지 않도록 급수관의 배관탐지나 수도계량기 보호통에서부터 배수관 쪽으로 굴착하여 분기점에서 폐쇄토록 한다. 이때 굴착 중에 내식성관(스테인리스강관, 동관 등)을 발견한 경우에는 기존 내식성관을 제외하고 노후 급수관만 개량한다.



▲ 배수관 새들불이분수전간 분기점 천공

- ⑭ 배수관에서의 새들불이분수전간 분기점 천공 거리는 30cm 이상을 유지토록 하고, 주철관용과 PE관용의 새들불이분수전을 구분하여 사용하고, 새들불이분수전의 천공부에는 천공부가 녹이 슬어 단면 축소가 되지 않도록 링크립을 설치한다. 또한 다른 관리부서의 관중과 수도관간의 최소 이격거리는 30cm 이상을 유지하여야 한다.
- ⑮ 포장도로를 굴착할 경우에는 주민 통행에 불편이 없도록 당일 굴착분만 포장개기를 하고 전량을 굴삭기로 구멍을 내는 일이 없도록 한다.  
포장도로를 굴착한 후에 되메우기를 하고 나면 살수장치를 이용하여 터파기한 주변을 깨끗이 물청소를 실시하여 분진이 발생하지 않도록 한다.
- ⑯ 보차도 구분이 되어 있는 도로에서 블록망을 위한 배관부설은 보도에 부설하는 것을 원칙으로 한다.
- ⑰ 공사계약시 상수도공사 특수계약조건에 “공사로 인한 수도계량기 고장의 원인자 부담금 부과” 내용을 삽입하고, 시공

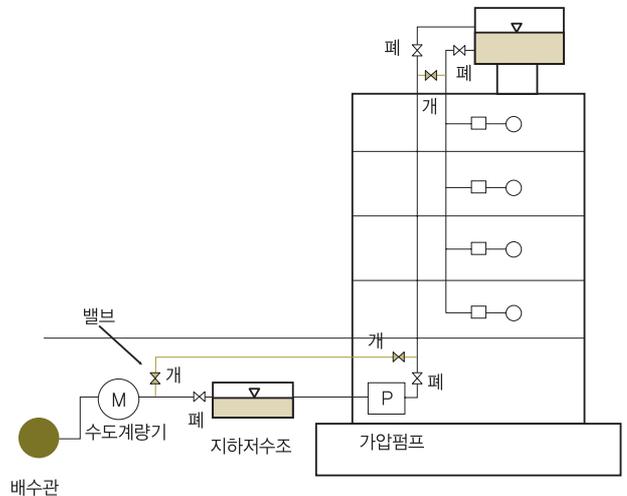
업체에게는 사전에 동 내용을 알리어 부실공사를 미연에 예방한다.

- ⑱ 배급수관정비사업 구간 내 기존의 배급수관은 철거 위주의 공사가 되도록 하고, 철거 및 폐쇄구간에 대한 기록을 표시하여 배급수관망을 관리한다.



▲ 배급수관정비공사

- ⑲ 횡단굴착 단면도는 파일철을 만들어 관리하되, 파일 표지의 이면에는 블록도면(1/3000)을 첨부하고, 횡단굴착 단면도는 작성할 때마다 일련번호를 부여하여 블록도면에도 일련번호를 표기한 후에 자료를 편철하여 관리한다.



▲ 직결급수 배관도

- ⑳ 상수도 공사를 시행하는 부서에서는 단수를 수반하는 공사를 할 때는 단수구역에 충분한 안내를 시행한 후에 공사를 시행하여야 한다. 이때는 비상급수대를 이용하여 단수되는 가구에는 호스로 연결하여 급수토록 하여야 하며, 단수구역에 충분한 홍보를 하지 않아 야기된 2001년 12월 22일자 경향신문 내용을 참고하여 민원이 발생하지 않도록 하여야 한다.

“예고 없는 단수 위자료 지급하리” 자치단체의 예고 없는 단수로 주민들이 불편을 겪었다면 자치단체는 주민들에게 위자료를

지급해야 한다는 판결이 나왔다.

서울지법 의정부지원 민사합의1부는 21일 지난해 8월 28일부터 4일 동안 단수통보 없이 수도물을 공급하지 않아 피해를 입었다며 일산신도시 주민 450명이 고양시를 상대로 낸 손해배상 청구 소송에서 “시는 가구당 2만원씩을 지급하라”는 원고 일부 승소 판결을 내렸다. 재판부는 “고양시가 단수 홍보를 제대로 하지 않은 상태에서 갑작스럽게 수도물 공급을 중단한 과실과 이로 인한 주민들의 피해가 인정된다”고 밝혔다.

원고들은 2000년 9월 1일 “고양시의 예고 없는 단수로 정신·물질적 피해를 입었다”며 “1인당 50만원씩 위자료를 지급하라”는 소송을 제기했다.

### 3. 야간최소유량측정

#### (1) 누수조사의 공법 선정

누수조사의 공법 선정은 효과적인 누수조사를 조사하기 위하여 가장 중요하다. 종래의 누수조사의 방법은 시설 전체에 있어서 결정되는 것이 많고, 그 중에는 공법이 적합하지 않는 블록에 대한 성과가 보이지 않는 경우도 있다.

블록의 무수에 대한 원인은 여러 가지로 어떤 방법으로 그것들을 정확하게 파악하는가가 중요한 문제점이다. 보다 효과적인 조사를 실시하기 위해서는 각 블록별 현황 파악에 따라 아래 표

3)과 같이 효과적인 공법을 선정하여야 한다.

#### (2) 야간최소유량측정 방법

각 수요가의 세대별로 설치된 수도계량기 보호통내의 앵글밸브를 열어 놓은 상태로 블록을 경계로 하는 제수밸브를 잠그고, 블록 인입 제수밸브를 열어, 수도사용 수량이 제일 작은 시간대에 최소 유량치를 측정하여, 이것으로부터 누수량을 측정하는 방법이다.

작업 순서는 수요가의 앵글밸브를 잠그지 않고 측정하는 것으로 직접 측정의 방법과 같은 상태이다. 간접측정의 방법은 직접 측정의 방법과 비교하여, 앵글밸브의 정비 및 폐지 작업을 생략할 수 있고, 급수 사용자에게 급수를 중단하는 피해를 끼치지 않는 장점이 있다. 그러나 측정치에는 사용수량도 포함되므로, 최소유량치에서 누수량을 추정할 때 높은 정도를 얻을 수 없는 단점이 있지만, 물탱크를 갖고 있는 다량 사용자의 제수밸브 등을 잠그면 어느 정도의 향상을 얻을 수가 있다.

블록 내에 있어서 물의 사용이 전혀 없는 시간이 있다면, 그때에 측정된 유량은 누수량이라고 볼 수가 있다. 야간의 최소유량 측정에 있어서는 일반적으로 블록의 크기가 작으면(급수전수가 적거나, 블록 내 인구가 적다면) 수도물 사용이 없는 시간의 발생 빈도는 많으며, 1회 수도물 사용이 없는 시간의 지속시간도 길다.

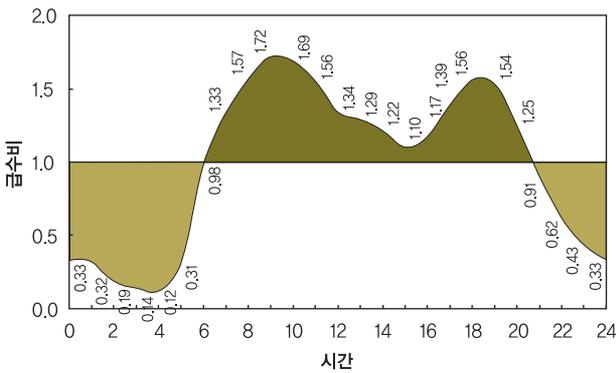
유효율		75% 이하	85% 이하	85% 이상
누수구분	구분	배수관 : 급수장치	배수관 : 급수장치	배수관 : 급수장치
	누수건수 대비	4 : 6	3 : 7	1 : 9
	누수량 대비	7 : 3	6 : 4	3 : 7
누수의 특징		· 배수관에서의 다량 누수가 산재 · 다량의 누수 중심으로 누수탐지	· 배수관과 급수장치의 누수가 분류 · 중요 지점을 집중적으로 누수탐지	· 급수장치 이하에서의 누수가 산재 · 누수탐사 대상 지역을 정밀조사
누수조사 작업		· 배수관을 중심으로 전 지역의 밸브로 및 관로 청음	· 배수관과 급수장치를 대상으로 유량측정 및 누수관로 선별	· 급수장치를 중심으로 유량측정
조사의 효과		· 단기간에 유효율이 큰 폭으로 상승	· 유효율이 소폭으로 상승 후 정체	· 높은 유효율이 유지
조사의 과제		· 한 곳이라도 다량 누수의 발견으로 누수방지 효과가 크다 · 전 지역을 반복적으로 지속적인 조사가 필요하다	· 누수다 지역을 선정하여 반복적인 조사	· 한 곳의 다량누수로 유효율에 영향을 미침으로 계속조사 필요
		· 주로 배수관 누수발견에 집중, 반복, 계속조사 · 단 기간에 전 지역을 대상으로 누수량을 조사		· 소블록 단위로 누수량 조사를 하고, 단기간에 순회하여 정밀한 조사가 필요

표 3) 유효율에 따른 누수조사 공법

그렇지만, 블록이 크게 되면 크게 될수록(급수전수가 많거나, 블록 내 인구가 증가하는 경우) 수돗물 사용이 없는 시간의 발생은 작아지고 지속시간도 굉장히 짧아진다. 또 블록의 성질(예로 주택지, 상업지역 등)에 따라서도 변화할 수 있으므로 최소유량 측정에 있어서는 이것들의 모든 조건 등에 관해서 충분한 검토가 필요하다.

배수관 연장 1~3km의 블록에 있어서는 1회의 수돗물 사용이 없는 시간은 수초에서 수분에 걸쳐서 변화하는 예도 있고 지속시간이 짧은 경우가 있으므로 유량 측정에는 고감도의 계량기가 필요하게 된다.

누수량을 조사하는 대상 블록이 누수가 많은지, 적은지 또는 누



▲ 배수량의 시간적 변화

수를 조사하여 수리하고 난 후에 더 이상의 누수가 존재하는지에 대한 누수량을 간단히 조사하는 방법으로 간접측정법을 활용하고 있다.

- ① 대상 블록 도면에서 블록경계 제수밸브와 다량 급수처의 위치를 조사하여 현장에서 정확한 위치를 확인한다.
- ② 야간최소유량 측정의 일시에 대하여 다량급수처의 수요가와 소방서 등 관계기관에 통지하여야 한다.
- ③ 블록내의 앵글밸브를 열어 놓은 상태로 하여, 구역 내로 유입하는 수량을 실측할 수 있도록 블록 인입 주배관에 By-pass로 유량측정이 가능한 구경의 자기기록 유량계를 설치한다.
- ④ 수돗물 사용이 없는 심야의 시간대(00시~01시)에 다량급수처와 블록 경계에 있는 제수밸브를 닫는다.
- ⑤ 사용 수량이 거의 없는 01시~ 04시에 블록 인입의 BY-PASS 관에 설치된 제수밸브를 열어 최소유량을 측정한다. 이것을 누수량(최소유량 = 누수량 + 사용량)으로 본다.
- ⑥ ④번, ⑤번에서 닫은 제수밸브를 서서히 열어 공기를 배제하고 적수가 발생하지 않도록 퇴수밸브나 소화전을 연다.
- ⑦ 측정한 최소유량을 1시간 단위량으로 계산하고, 최소유량이 허용량을 넘으면, 누수장소를 탐지하여 수리한다. 이 작업을 누수량이 허용량 이하로 되기까지 조작을 반복한다.
- ⑧ 측정결과는 다음의 누수탐사보고서에 표준 수압으로 환산하여



표 4) 누수탐사의 흐름도

배수관과 급수관의 단위 연장 당에 따라 누수량을 계산한다.  
야간최소유량 측정을 위한 누수탐사의 흐름도는 표 4)와 같다.

이렇게 앵글밸브를 열고 누수량을 추정하는 간접측정법의 경우에는 블록 내 인입하는 관로의 By-pass에 자기기록 유량계를 설치하여 블록 내 수돗물을 사용 안 할 때의 순간유량을 측정토록 하여야 한다.

이때 설치하는 유량계는 보통 구경 50mm나 40mm의 유량계로 블록 내 인입하는 유량 변화에 대하여 초 단위의 응답성과 높은 정밀도를 가질 수 있어야 하며, 유량에 대한 수두손실이 적고, 측정 장치는 기동성이 있으며, 유량과 수압 모두를 자기기록이 가능하여야 한다. 누수가 많다고 추정하는 블록에 대하여 간접측정법에 의한 누수량을 추정하는 경우의 시작과 마지막의 야간최소유량은 유량 변동이 없는 시간대에 자기기록 유량계로 1회 1시간 이상 측정된 유량을  $m^3/hr \cdot km$  으로 환산한 값 중 최소의

값을 야간최소유량으로 선정하여 판단한다.

### (3) 누수탐사 보고서

누수탐사를 하여 최종의 야간최소유량이 허용누수량의 기준치 이내로 들어오면 작업을 종료하고 표 5)와 같이 누수탐사보고서를 작성한다.

누수탐사보고서에는 블록 내에 조사된 배수관과 급수관의 관로 연장, 밸브류 및 소화전 개소수, 수압 등을 기록하고, 실측한 누수량을 기준 수압으로 환산하여 정리한다.

이렇게 누수탐사보고서를 정리하고, 다른 여러 블록을 순회하여 누수탐사 하고, 일정기간이 지나면 재차 반복해서 야간최소유량을 측정하여 누수량이 과거의 측정치 보다 많을 경우에는 새로운 누수의 발생 혹은 기존 노후관 등에서의 누수복원으로 판단하여, 원인을 파악하고, 원인에 대한 조치 및 누수탐사를 재차 실시해야 할 것이다.

구분		블록번호		담당자					
		용역사명		탐지원					
관로연장	계	km	φ75	φ100	φ150	φ200	φ250	φ300	φ
	배수관	km							
	급수관	km	φ50	φ40	φ30	φ25	φ20		
변류 및 소화전수		개	제수밸브	공기밸브	급수탐	소화전	퇴수밸브		
누수량 측정( $m^3/hr$ )	제1회	월 일 : ~ :	수압	천 후	기 온				
	제2회	월 일 : ~ :							
	제3회	월 일 : ~ :							
제1회 측정누수량	실측	$m^3/hr \cdot km$	환산	$m^3/hr \cdot km$					
제2회 측정누수량	실측	$m^3/hr \cdot km$	환산	$m^3/hr \cdot km$					
제3회 측정누수량	실측	$m^3/hr \cdot km$	환산	$m^3/hr \cdot km$					
누수방지량	실측	$m^3/hr \cdot km$	환산	$m^3/hr \cdot km$					
1km당 누수방지량	실측	$m^3/hr \cdot km$	환산	$m^3/hr \cdot km$					
누수수리 건수	구분	배수관	급수관	기타					
	건수								
	1km당 건수								
전회측정 년월일	년 월 일	복원량	$m^3/hr \cdot km$						
전회최종회 측정누수량	$m^3/hr \cdot km$	비고							

\* 금회 측정 누수량 - 전회 최종회 측정 누수량 = 복원량

표 5) 누수탐사보고서

구분	야간최소 유량 측정값	작업 내용
양호(상)	1.0m³/hr · km 이하	- 별도의 누수방지를 위한 작업은 하지 않고, 블록 내에서 누수가 발생 할 경우는 누수복구 작업으로 조치
보통(중)	1.1~3.0m³/hr · km 이하	- 블록 내의 제수밸브, 퇴수밸브 및 소화전과 배수관로 등을 대상으로 음정작업을 주요 작업으로 누수발견 및 보수작업을 조치
불량(하)	3.1m³/hr · km 이상	- 하수도 유량 및 수질조사, 하수도 맨홀간 유량비교를 하는 등의 작업으로 철저한 누수 발견 작업 - 도심재개발 및 주택재개발 사업 등의 구간내 상수도 배수관 정비 및 급수관의 배수관 분기점에서 철거 - 상관식 누수탐지나 수요가의 수도계량기 보호통에서의 청음, 제수밸브, 퇴수밸브 및 소화전에서의 음정작업, - 누수가 많은 노후 관로에 대한 배급수관의 교체작업과 누수원인 분석 - 노후 관로 정비사업 구간중 남아 있는 잔존관을 정비 - 하수도내 유수장애 상수도관 등을 이설하는 등 누수방지를 적극 조치

표 6) 야간최소유량 측정값의 구분

누수에 대한 정보를 관리하기 위해서는 표 5)와 같이 과거의 누수 내역이나 경향을 기록하여 추후에 효과적인 누수방지작업을 할 수 있도록 관리하여야 할 것이다.

그러므로 누수 수리의 내역에 대하여는 누수복구 관리도면에 연도별로 식별할 수 있는 색상을 선택하여 누수 위치를 표시하고, 누수의 위치, 누수복구시 발견된 관종, 관경, 누수유형 및 보수내용 등을 정리하여 기록한다.

효과적인 누수방지를 위해서는 각 블록의 야간최소유량을 측정하여 그 측정 결과 값에 따라 표 6)과 같이 양호, 보통, 불량외 3가지로 선별하고 각각의 작업내용을 정하여야 한다.

## 제 4 장 관로 시설

### 1. 관종별 특성

송배수 관로는 타 지하 매설물인 하수관, 가스관, 전기 케이블, 통신케이블 등이 복잡하게 얽힌 도로의 지하에 매설하는 것이 일반적으로 내부수압 또는 외부의 노면 하중 등에 충분한 강도가 있어야 한다.

지장물로 인한 굴하작업이나 음용수 공급에 따른 송배수의 위생적인 측면이나 경제적인 측면과 시공이 용이한 이음부, 지장물

에 따른 굴하작업, 분기작업, 절단 및 시공이 우수하여야 한다. 일반적으로 주철관은 선철을 녹여 이것을 주형에 부어서 주조하는 관을 말하며, 재질적으로 주철관(Cast Iron Pipe)과 닥타일 주철관(Ductile Cast Iron Pipe) 으로 나눈다. 회주철에 나타나는 흑연의 형상은 여러 가지가 있으나 그림 22)와 같이 편상으로 되어 있는 것이 보통이다.

호칭경	수도용도 복장강관	주철관	스테인리스 강관	PVC파이프 PE파이프
80	89.1	98	89.1	89
100	114.3	118	114.3	114
150	165.2	170	139.8	165
200	216.5	222	165.2	216
250	267.4	274	216.3	267
300	318.5	326	267.4	318
350	355.6	378	318.5	370

표 7) 관종별외경

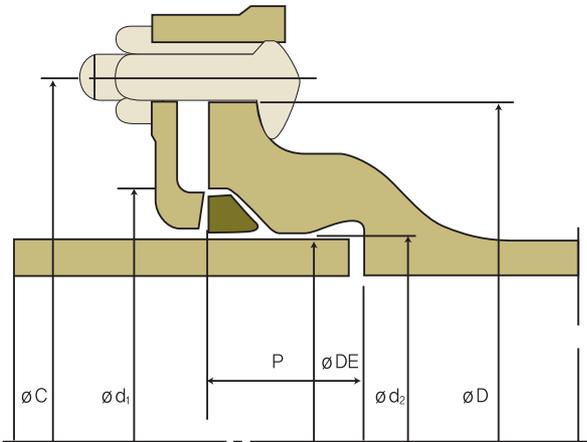
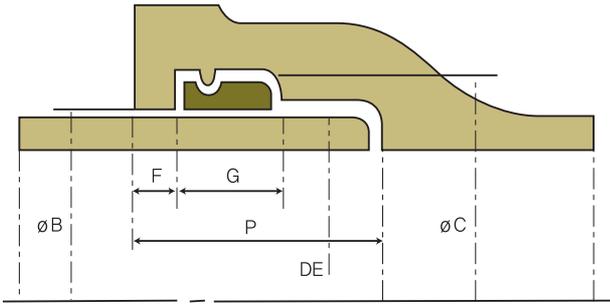
KS D5302에 규정한 구상흑연 주철품의 화학성분은 C가 2.5% 이상, S가 0.02% 이하이어야 하며, 흑연 구상화율은 특별히 주

형태번호	1	2	3	4	5
모양계수	0	0.3	0.7	0.9	1.0
흑연입자의 형태 및 구상화율	 20% 미만	 20~40%	 40~70%	 70~80%	 80% 이상

▲ 회주철 및 닥타일주철의 조직

호칭경 mm	삽입길이		호칭경 mm	삽입길이	
	타이트	메카니칼		타이트	메카니칼
80	84mm	65mm	250	105mm	68mm
100	88mm	65mm	300	110mm	79mm
150	94mm	66mm	350	110mm	72mm
200	100mm	67mm	400	110mm	75mm

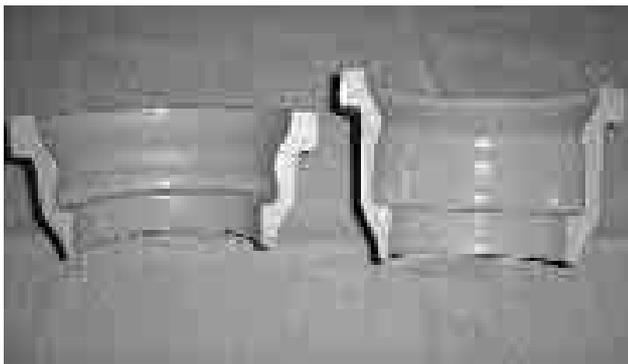
표 8) 주철관 접합부의 삽입길이



▲ 주철관 집합부

문자의 지정이 없을 때 80% 이상으로 한다.

그리고 수도용도복장강관이나 주철관 등은 관종별로 외경이 상이하므로 표의 관종별 외경을 참고하여 타종관과 접합할 때 주의하여야 한다.



▲ 주철관의 삽입길이 개선

배수관 부설시 많이 이용되는 주철관에 있어서 접합부의 삽입 길이는 접합 방법별로 삽입 길이는 상이하지만 일반적으로 사용되고 있는 구경 80~400mm 사이의 삽입길이는 표 8)과 같이 타이튼 조인트관은 84~110mm에 비하여, KP 메카니칼조인트관과 메카니칼조인트관은 65~75mm로 타이튼조인트 관 보다는 삽입



▲ 주철관 단면

길이가 19~35mm가 적다.

그러므로 곡관 부위나 지장물을 상, 하월 하는 지점에서 본관을 절단하여 단관으로 사용할 때에는 절단기를 사용하여 절단 부위가 정원이 되도록 잘라서 삽입부의 길이가 균등하게 삽입되도록 하여야 한다.

그리고 닥타일 주철관에서 이형관류는 원심력에 의한 몰탈라이닝이 안되므로 KS D 4308의 닥타일주철 이형관의 규격에 지정된 에폭시수지 분체도장 된 제품으로 사용하는 것이 좋다.

또한 관로의 절단부를 잘못하여 사선이 되도록 잘라 짧게 자른 부분이 곡관부의 바깥쪽으로 접합되어 통수시 원심력에 의하여 이탈하면, 누수사고가 발생할 수 있으므로 유의하여 절단하여야 한다.

## 2. 변류의 시설

### (1) 제수밸브

송배수 관로에는 관뿐만 아니라 제수밸브, 공기밸브, 퇴수밸브, 감압변, 소화전을 적절히 설치하여 관로의 유지 관리에 큰 지장이 없는 정도로 능률적으로 배치하여야 경제적이다.

제수밸브는 일반적으로 스리스밸브와 버터후라이밸브가 있으며, 사용의 용도는 송배수 관로의 분기, 누수보수, 관세척 등 유지관리를 위하여 단수 할 필요가 생기므로 이 때에 단수구역을 될 수 있는 한 소범위에 그 칠 수 있도록 분기 장소, 연락 장소, 교량 및 하천 횡단 전후 등에 설치하여야 한다.

상기 이외의 장소중 송수관은 1~3km에, 배수관은 500~1,000m

간격으로 설치한다.

제수밸브는 그 전후의 수압이 같거나 그 차가 적은 경우에는 개폐가 용이하나 그 차가 지나친 경우에는 마찰저항 때문에 개폐가 곤란하므로 수두 40m 이상으로 관경 400mm 이상의 제수밸브에는 부제수밸브를 설치하고 주 밸브의 개폐에 앞서 부제수밸브를 개폐함으로써 양측의 수압이 균형되도록 한 다음 주밸브의 개폐를 용이하게 하고 수충압을 경감시켜야 한다. 또한 부제수밸브에는 소량의 수량이나 수압을 조절하는데도 유리하다.

**(2) 공기밸브**

공기밸브의 설치 목적은 관내 공기를 배제하거나 흡입하기 위한 주요 시설로 관로의 돌출부에는 수중에 용존한 공기가 유리되어 축적되기 쉬우며 이 공기가 원활한 통수를 방해하여 때로는 관로의 사고를 유발 할 수도 있다.

따라서 이 공기는 통수 단면적을 감소시키기 때문에 자동적으로 배제하는 것이 필요하다. 다만 관로에 물이 차 있을 때는 관내의 공기를 적절히 배제하는 것이 필요하고, 공사 할 때나 작업상의 필요에 따라 단수시 관내의 물을 빼내면 관내는 진공에 가깝게 되어 외압 때문에 관이 변형 될 때가 있다.

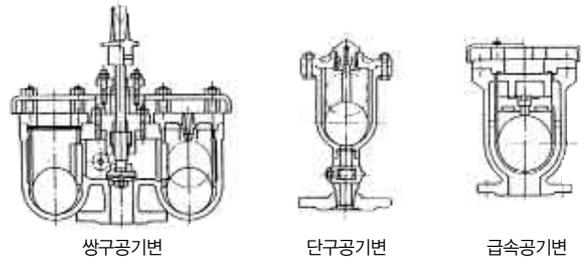
이런 경우에는 공기를 자동적으로 관내에 빨아 들여 진공으로 인한 관의 변형이 되지 않게 하여야 한다. 이러한 목적 때문에 공기밸브는 전 관로를 통한 최고부가 아니고 국지적인 부근마다의 최고점에 설치하여야 하며, 교량의 현수관이나 교량의 중앙부도 여기에 해당하는 위치이다.

그리고 배수관도 급수관이 분기되지 않은 관로에서의 물을 채우거나 배수시에도 공기밸브를 필요로 하며, 관로 연장이 긴 경우 유지 관리를 위하여 1~3km의 간격으로 밸브가 설치됨으로써 공기밸브는 이들 밸브 가까이에 설치하면 좋다.

이 경우 관로의 중단이 편구배라면 밸브보다 낮은 쪽의 주변에 설치하면 된다. 급수관이 설치된 배수관이라도 통수나 배수시에는 소화전을 이용하여 배기하여야 한다. 그리고 한냉지에서는 수관교, 교량 첨가부의 공기밸브에는 외부를 감싸서 공기밸브가 어는 것을 방지하여야 한다.

또한 공기밸브의 누수 수선이나 교체시 등을 고려하여 공기밸브용 T 자관과 공기밸브 사이에 핸들이 붙은 제수밸브를 설치하면 편리하다. 관경이 커지면 공기밸브로 출입하는 공기량이 많아지므로 쌍구 공기밸브 또는 급속 공기밸브를 사용하여야 한다.

특히 주의 할 것은 수도관을 부설 시공 후 처음으로 통수할 때에는 서서히 통수하여야 하며, 통수할 때 일어나는 수압 충격(Water Hammer)은 보통 수압의 4~8 배가 된다.



▲ 공기변의 모양

공기밸브를 설치하여야 할 대상 관로는 구경 400mm 이상의 도수관, 송수관, 배수관과 구경 400mm 이하 관이라도 공기의 유출입이 많은 관로와 교량에 첨가된 현수관로 및 수관교 등의 노출관로, 동수경사선에 설치된 터널의 유입구 등에 설치하여야 한다.

**(3) 이토밸브**

이토밸브는 관을 부설하였을 때 관저에 남는 이토나 모래 등을 배출하게 하고 아울러 평소 유지 관리상 관내 청소와 정체수의 배제 등을 하는데 사용하고 있다. 따라서 설치 위치는 관로의 낮은 부근에서 관경에 알맞은 배출수량을 수용할 수 있을 정도의 구경으로 하천이나 하수구가 있는 곳이어야 한다.

관로가 특히 낮은 곳이 아니라도 부근에 적당한 배출수 장소가 있을 때는 될 수 있는 한 퇴수밸브를 설치하는 것이 좋다. 이때 설치되는 퇴수밸브의 관경은 주관경의 1/2~1/4로 하고 가능하면 큰 것을 설치토록 기준하고 있으며, 퇴수밸브에 설치하는 분기관은 퇴수관과 정자관을 혼돈하지 말고 설치하는 것도 중요하므로 그림을 참고하여 구매하여야 한다.

본관이 일시적인 대량의 배수를 하는 것이 하천 등에 악영향을 끼치기 때문에 퇴수관경이 제약되는 경우가 있으나 가능한 퇴수량에 적합한 관경이 필요하다. 일반적으로 퇴수관에는 반드시 제수밸브를 설치하도록 하고 중요한 이토 장소에는 주관에도 제수밸브를 설치하는 것이 유지 관리에 필요하며 이토밸브 전후에 2개의 제수밸브를 설치하는 것과 주관에 설치된 한 개의 제수밸브의 양측에 2개의 퇴수관을 설치하는 2가지 방법이 있다.

**3. 노후관 세척갱생**

세척 및 갱생공사는 오래된 상수도관내에 침전되거나 결절된 관석을 제거하여 통수 능력을 회복시키고, 녹물 발생을 방지하며 깨끗한 수도물을 수요자에게 공급하기 위하여 시행하는 공사로써, '83년부터 우리나라의 일부 회사들이 일본과 기술 제휴하여 노후관 개량사업의 한 방법으로 도입 시행하였다.

일반적으로 세척갱생의 대상은 노후한 주철관 중,

- ① 배수관경이 80~300mm이고
- ② 수도관의 모재가 양호하며
- ③ 기존의 관경으로 급수에 지장이 없는 구간으로서
- ④ 수도관 내부에 녹이 형성되어 단면축소에 의한 출수불량 및 적수현상으로 민원이 발생하는 구간을 선정하여야 한다.

또한, 배급수 계통에 형성되는 생물막이 문제가 될 수 있는데, 급수량 증가 시 이들 생물막이 탈리되어 수도물 이·취미의 원인이 될 수 있다.

따라서 수도물 공급과정에서 발생할 수 있는 이런 문제들을 해결하고자 수도배관의 노후 정도에 따라 배관 교체 또는 갱생사업을 실시하게 되는 데, 수도관 갱생사업은 배관 교체에 소요되는 비용보다 적은 비용으로도 성과를 거둘 수 있어 비용 효과적인 사업으로 평가되고 있다.

갱생사업의 추진에 앞서 사업비용이 먼저 평가되어야 하는 데, 이때 세척 및 라이닝 비용에 영향을 주는 요인들은 다음과 같다.

- ① 관종 및 직경
- ② 관 연장 및 상태
- ③ 관의 설계도 및 이력
- ④ 밸브의 종류, 크기 및 위치
- ⑤ 연결된 배급수관의 규모 및 위치
- ⑥ 임시 bypass관의 설치 필요성 및 임시 관 연장
- ⑦ 단수 요구 시간
- ⑧ 지점 특이 사항들(굴착, 관 절단, 배수, 재결합, 급수 등)

세척갱생은 관내의 관석을 스크레파, 에어샌드, 워터젯트 및 폴리픽 등의 기계적인 방법으로 제거하고, 온풍기를 이용하여 30℃의 따뜻한 공기를 관내부에 불어넣어 건조시키고, 에폭시 수지로 내부를 도장하여 녹이 다시 발생할 수 없게 함으로써 상수도관을 반영구적으로 재생한다. 이 공법은 한정된 단수시간 내에 위생상 해롭지 않게 반영구적으로 재생하여, 통수 단면을 회복시키는 특수한 기술이 요구되는 노후관 개량 방법으로 세척갱생은 세척과 갱생으로 나눌 수 있다.

### (1) 노후관 세척

세척은 오래된 상수도관 내부에 발생된 녹을 관내를 이동하는 기구를 사용하여 수압, 인력 및 동력 등으로 녹을 제거한다.

이때에 관경, 이형관 및 연장 등의 관로 상태와 수용가의 사정, 시공기간의 기온, 통수 재개까지의 소요시간 등을 검토하여 관로 조건에 적합하고, 경제적인 공법을 선택하여야 한다. 일반적으로 사용되는 공법으로는 스크레파, 에어샌드, 워터젯트 및 폴리픽 등의 기계적인 방법이 있다.

- ① 스크레파(Scraper) 공법은 가동축 주위에 탄력이 큰 스크레파를 방사상으로 여러단 설치한 구조의 기구로 수압을 이용하여 추진하는 수압식과 피아노선 등에 의한 견인식이 있다.
- ② 에어샌드(Air Sand) 공법은 상수도관 내부에 특수장치로 모래와 공기를 고압(7~8kg/cm<sup>2</sup>)으로 송풍하여 녹을 제거하는 공법이다.
- ③ 워터젯트(Water Jet) 공법은 특수 고압펌프로 200~250kg/cm<sup>2</sup>로 가압한 물을 특수 노즐을 통해, 관 내면에서 후방으로 경사진 방향으로 분사시켜 젯트류의 반동을 이용하여 전진시키면서 관석을 제거하는 공법이다.
- ④ 폴리픽(Polly Pig) 공법은 포탄형 물체를 관내에 장치하고, 압력이 있는 물을 가하여, 돌출부에 젯트류를 일으킴으로써 관내의 이물질들을 압류시키는 방법으로 신설관 세척에도 사용된다.

### (2) 노후관 갱생

관내의 관석이나 퇴적물을 제거한 다음 철 브러시나 고무 제품으로 관내를 완전하게 청소하고 라이닝을 한다. 갱생방법으로는 위생상 안전한 에폭시수지 도료로 도장하거나, 시멘트모탈 또는 관 내부에 PE관 등을 삽입하여 녹이 다시 발생할 수 없게 함으로써 상수도관을 반영구적으로 재생시키는 방법으로 주요 갱생공법은 다음과 같다.

- ① 에폭시 수지라이닝 갱생공법은 국내에서 가장 보편적으로 이용되는 노후관 갱생공법이다. 세척된 관 내부를 완전 건조시키고, 세공이나 부풀어 오르는 곳이 없도록 균일하게 라이닝하고, 도장막이 0.5mm 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다. 도장 막의 경화시간은 기온이 떨어지면 오래 걸리게 되므로 한냉지에서 시공할 때는 주의하여야 하며, 수지도료의 선정에서 유해물질이나 냄새, 맛, 색 등에 수질에 나쁜 영향을 주지 않도록 하여야 한다.
- ② 관내 관 갱생공법(Pipe-in-pipe 공법)은 관 내부에 한구경 또는 반구경 작은 PE관을 삽입한 후 기존관과 삽입관의 간극을 시멘트모탈로 충전하는 공법으로 관 내경이 과다하게 축

구분	Cement Mortar Lining	Epoxy 수지 Lining	Hose Lining	PE관 라이닝
적용관경	80 ~ 700mm 이상	80 ~ 350mm	80 ~ 800mm	80 ~ 800mm
1회 시공연장	100 ~ 1,000m	50 ~ 100m	70 ~ 200m	100 ~ 200m
Lining 재료	Cement Mortar	경화성 Epoxy 수지	Seal Hose	PE관
Cleaning	녹 및 슬러지 제거	녹 및 슬러지 제거 후 건조	녹 및 슬러지 제거 후 건조	녹 및 슬러지 제거 후 건조
Lining	Lining 기계로 고속원심 뿜칠 하고, 인두마무리	경화성 Epoxy 수지를 Lining 기계로 고속원심 뿜칠	사전에 접착제를 Seal Hose에 칠하고, 관내면에 반전하면서 부착	100~120°C의 고온 및 7kg/cm <sup>2</sup> 의 고압 증기발생장치로 PE관을 팽창시켜 기존관 내면에 밀착
양생	관단을 밀봉하고, 규정된 기간 습윤상태 유지	온풍 건조	습기 또는 온풍양생	습기 또는 온풍양생
특징	· 시멘트몰탈이 벗겨질 염려가 적다 · 응급수용 배관이 필요 함	· 작업시간이 8시간 정도로 당일 급수가능 · 응급수용 배관이 필요 없음	· 관로의 내구성과 내진성을 향상 · 구부러진 관로나 장거리 시공이 가능	· 관로의 내구성을 향상

표 9) 노후관 갱생 공법별 비교표

소되어 통수단면 감소에 의한 소출수 등의 문제점 발생이 우려되므로 신중을 기하여 시행하여야 한다.

- ③ 시멘트 몰탈 라이닝 갱생공법은 습윤면에 시공할 수 있는 이점이 있으나 시멘트 몰탈이 경화하기까지 시간이 걸리고, 통수 직후에 물의 pH가 상승하므로 충분한 세척을 하여야 한다. 일반적으로 관 내부에 원심력을 이용하여 시멘트 몰탈을 6~12mm의 두께로 분사하는 공법으로 미국, 일본 등에서는 보편화된 공법이나 시멘트 몰탈이 경화에 많은 시간이 소요되어 단수시간이 길어지는(60시간 이상 단수 필요) 것이 단점이다.
- ④ 호스(Hose) 라이닝 공법은 관내부에 씨일 호스를 공기압으로 관내에 반전 삽입하여 열 경화성 접착제로 관내면에 밀착시키는 공법으로 공사비가 신관 부설비의 약 3배이며 국내에서는 상수도관 갱생 공법으로 이용되지 않고 있다.
- ⑤ PE관 라이닝갱생 공법(PPR 공법)은 관내부와 동일한 구경의 고밀도 폴리에틸렌관을 ♡모양으로 변형시켜 관 내부로 1구간에 100m를 삽입하고, 100~120°C의 고온 및 7kg/cm<sup>2</sup>의 고압 증기발생장치로 PE관을 팽창시켜서 기존관 내면에 밀착시키는 공법이다. 주요 노후관 갱생 공법별로 적용관경 및 특징을 표 9)와 같이 정리하여 볼 수 있다.

4. 전기부식 방지

금속은 안정된 상태인 광석중의 산화물 등으로 되돌아가려고 하는 성질을 갖고 있으며 이러한 과정에서 발생하는 금속은 고유의 전위를 갖고 있으며, 이종 관이 서로 접촉될 경우는 이러한

전위 차에 의하여 전류가 이동 할 때 금속 원자도 함께 이동하면서 부식이 발생되고 있으므로, 전기부식 현상을 최소화하기 위한 대책을 강구하여야 한다.

금속별 전위는 회주철 - 0.36, 스테인리스강 +0~0.2 0.17, 동 - 0.08, 황동(30ZN) - 0.11, 강 - 0.5 이고, 상대 전위차에 의한 부식정도는 0.2~0.8일 때 부식은 거의 없음, 0.8~1.2 일 때 약간 부식, 1.2 이상일 때 현저히 부식되고 있다. 또한 금속간 부식정도를 보면 다음 표 10)과 같다.

그리고 전위에 의한 부식(Macro-cell) 종류는 전위가 낮은 쪽이 양극이 되어 부식이 발생하는 이종금속간 부식, 통기차(通氣差)에 의하여 생기며, 산소의 농도가 낮은 곳에 부식이 발생하는 산소 농담정지, 동질 금속이라도 저온쪽 보다 고온 쪽이 부식이 잘 되는 온도차 전지, 인장응력이나 반복 응력 등이 작용하는 곳에서 응력이 많이 받는 부분이 부식속도가 빠른 응력차 전지, 접촉

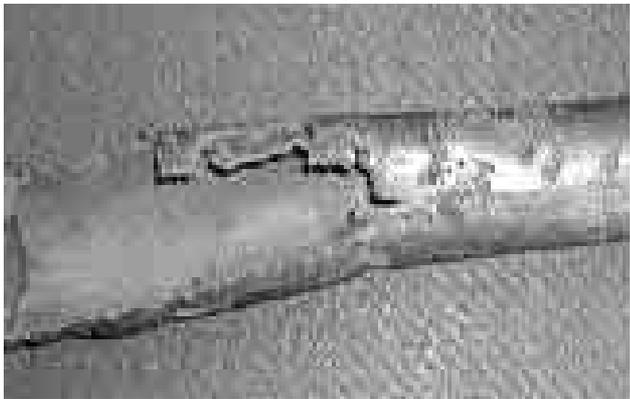
접촉 피접촉	접촉				
	동, 황동	철강, 주철	아연	스테인리스강	알루미늄
동, 황동	-	A	A	B	A
철강, 주철	C	-	A	C	B
아연	C	C	-	C	C
스테인리스강	A	A	A	-	A
알루미늄	D	B	A	D	-

\* 접촉금속에 의해 피접촉금속의 피해도  
A : 양호 B : 약간 증가 C : 현저히 증가 D : 접촉 불가

표 10) 금속간 부식정도

된 금속 중에 비금속과, 입계면이 적은 쪽, 그리고 합금 중에서 한 성분만 선택적으로 부식이 발생하는 국부부식이 있다. 이러한 부식은 부식이 진행되면 녹슨 부분과 녹이 슬지 않는 부분의 전위차가 생겨 부식속도는 더욱 빨라진다.  
전기부식에 대한 문제점으로서는,

- ① 이종 금속간 접합되어 전위차에 의한 부식 발생
  - 주철관에 접합된 스테인리스강 제수밸브 사이
  - 주철관에서 분기된 동관 또는 스테인리스강관
  - 강관에서 분기된 주철관
  - 주철관에 강제볼트로 접합하는 것과 같이 단면적 비가 클 때
  - 주철류 제수밸브 몸통에 스테인리스강 볼트 등 부속을 쓸 때
- ② 부설 지점의 조건에 따른 부식
  - 같은 재질의 상수도관일 지라도 되메움재가 사질과 점토질로 나누어져 있을 경우 산소 공급량이 적은 점토질 부분이



▲ 상수도관의 부식

- 양극이 되어 부식속도가 빠름
  - 같은 재질의 관이 토사부분에서 콘크리트 등 포장면으로 인접하여 매설되어 있을 때 콘크리트면 아래 매설된 관이 통기가 불량하여 부식이 잘됨
  - 부설관이 콘크리트 속의 철근과 전기적으로 접촉되면 토사 부분이 금속도로 부식이 됨
- ③ 급수관 부설방법에 따른 영향
  - 급수관과 건물 내부 관이 이종관이나 절연조치가 없을 때
  - 구관과 신관 연결시 구관의 부식이 많이 진행되었으면 구관의 자연전위가 높고 상대적으로 신관은 낮아 부식이 빨라짐

전기부식 방지대책으로는,

- ① 이종 금속간 절연처리
  - 이종 부재 사이에 절연재를 반드시 삽입하고 접합을 함
  - 접합지점에 틈을 최대한 줄이고 접촉지점 양끝은 가능한 용접 처리
  - 제수밸브의 부속품은 가능한 몸통과 동일하거나 전위의 차가 적은 재질을 사용
  - 용접시는 모재와 동일한 재질을 사용
- ② 접합점 표면처리
  - 용접부와 플랜지 접합 지점은 매끄러운 표면이 되도록 처리
  - 배관시 급격한 단면적 변화가 없도록 단계적인 축소 배관
- ③ 되메움재 선택
  - 상수도관과 접촉되는 부분은 동일한 토질이 되도록 되메움재를 선택
  - 하천이나 하수도관을 횡단하는 시점은 수분 함량에 따른 통기차에 의한 부식 예방을 위해 플랜지 접합부에 절연 조치
- ④ 노출 배관 처리
  - 도장부분이 훼손되는 일이 없도록 조치
  - 물탱크에 유입되는 지점의 관은 수위 아래에 묻히도록 배관

일반적으로 급수관에 사용하는 기존의 아연도강관과 신소재인 스테인리스강관 또는 동관 등과의 이종금속간 접합은 자연전위가 높은 금속에서 낮은 금속으로 전류의 흐름이 발생하지 않도록 표 11)과 같이 절연조치를 하여야 한다.

한쪽 관종	다른 쪽 관종	직접연결 가부	비고
스테인리스 강관	아연도강관	불가	절연 유니온으로 전기적 절연이 필요
	PVC관	가능	수지는 전기불량 도체이므로 연결 가능
	PE관	가능	
동관	동관	가능	전위가 비슷하므로 연결 가능
	아연도강관	불가	절연 유니온으로 전기적 절연이 필요
	PVC관	가능	수지는 전기불량 도체이므로 연결 가능
PE관	가능		
PVC관	아연도강관	가능	수지는 전기불량 도체이므로 연결 가능
	PE관	가능	
PE관	아연도강관	가능	수지는 전기불량 도체이므로 연결 가능

표 11) 이종관과의 접합

## 제 5 장 배수 관로의 설계

### 1. 배수관 설계의 개론

일반적으로 상수도 관로에서 80mm 이상 관수로의 유량공식은 다음의 Hazen-Williams의 공식을 이용한다.

$$Q = AV = 0.27853 \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54}$$

$$V = 0.84935 \times C \times R^{0.63} \times I^{0.54}$$

$$D = 1.6258 \times C^{-0.38} \times Q^{0.38} \times I^{-0.205}$$

여기서

Q : 유량(m<sup>3</sup>/sec)

C : 유속계수

V : 유속(m/sec)

R : 경심(D/4)m

D : 관 내 경 (m)

I : 동수 경 사 (h/L)

hL : 길이 l m에 대한 마찰 손실수두

관 내부에서 모래 입자 등의 침전을 방지하도록 최저 유속은 0.3m/sec 이상이어야 하며, 평균 유속의 최대한도는 3.0m/sec 이하이어야 한다.

수도용 보통압 주철관에서의 경제적 조건의 유속은 관경 70~150mm에서 0.7~1.0m이고, 200~300mm는 0.8~1.2m 이고, 350~600mm는 0.9~1.4m 이다. 그리고 50mm 이하의 급수 관이나 직관외의 유입손실, 분기손실, 곡관부 손실, 밸브류에 의한 손실수두 등은 일반적으로 다음의 Weston공식을 활용하고 있다.

$$H_L = (0.0126 + \frac{0.1739 - 0.1087d}{\sqrt{V}}) \times \frac{L}{b} \times \frac{V^2}{2g}$$

여기서

hL : 관의 마찰 손실수두(m)

V : 관의 평균유속(m/sec)

g : 중력 가속도(9.8m/sec<sup>2</sup>)

D : 관의 내경(m)

f : 각종 손실 계수

Weston공식에서 관의 마찰 손실수두와 관 내경, 관 연장, 유량의 관계를 보면

- 관경이 커지면 관의 마찰 손실수두는 작아지고
- 관연장이 길어지면 관의 마찰 손실수두는 커지고
- 유량이 크게 되면 관의 마찰 손실수두는 크게 된다.

그리고 단면적이 점차 좁아지는 경우의 손실 계수 f는 좁아지는 각이 작아지는 경우에는 마찰손실이외의 손실은 생기지 않으나 출구에서 縮流를 일으킨 후에 확대되는 경우에는 약간의 손실이 생긴다. 수도관에서 좁아지는 정도가 클 때 흐름의 속도가 매우 증대하여 압력이 감소하면 수돗물 속에 함유하고 있는 기체가 액체 중에서 분리되어 손실이 증가 할 수 있다.

Weston공식을 활용하여 계산식을 산출하여 보자.

예를 들면 표고 20m되는 A지점의 간선도로변에 매설된 구경 600mm 수도관에서 수압이 4kg/cm<sup>2</sup> 이다. 거리가 500m 떨어진 표고 43m 지점에 짓고 있는 F지점에 아파트 2,500세대의 다량 급수처 지하저수조에 매일 야간을 이용하여 10시간 정도만 급수를 공급하기 위하여 1일 3,000m<sup>3</sup>의 수돗물을 공급하려고 할 때 기존의 100mm 수도관경을 이용하여 관말수압 1.5 kg/cm<sup>2</sup>를 유지하여 급수가 가능한지 풀어보자.

먼저  $H_L = f \times l / D \times v^2 / 2g$ 을 이용하여

유속  $V = Q / A = 0.084 / 0.1 = 0.84$  m/초

$H_L = 0.03 \times 500 / 0.1 \times 0.84^2 / 19.6 = 5.4m$  이다.

표고 20m의 환산수두 40m - 표고차이 23m - 관로마찰손실수두 5.4m = 11.6m 로 관말수두 15m에는 미치지 못하므로 배수관의 구경을 확대하거나 다량급수처의 저수조 높이를 낮추어 급수도록 하여야 급수가 가능하다.

### 2. 배수 관로의 설계

관내의 유속은 관 중심선에 따라 최대이고, 관벽면에 따라 최소로 그 사이는 연속적으로 변화한다. 정류의 경우 유속 분포는 관로 중앙에서 최대 유속이 되는 포물선으로 나타나지만 수로 및 관수로에서 나타나는 흐름은 거의 모두 와류로 이 경우에는 관벽에 따라 얇은 층중에서 유속이 급격히 변화하고 있는데 이 부분에서는 마찰저항이 크다.

평균 유속은 유수 전단면에 대해 평균화 된 유속으로 이 평균 유속에 유수의 단면적을 곱하면 관내의 유량이 구하여 진다. 수도용관에서의 경제적 유속을 보면 다음의 식을 참고하여 설계할 때 적용할 수 있을 것이다.

Hazen -Williams의 공식을 이용하여 계수를 K라 하면

$$\begin{aligned}
 \text{유량 } Q &= 0.27853 \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54} \\
 Q &= K \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54}
 \end{aligned}$$

같은 구간의 관로에 같은 유속계수 C와 동수경사 I 값으로 관경 D<sub>1</sub>의 유량 Q<sub>1</sub>과 관경 D<sub>2</sub>에 유량 Q<sub>2</sub>가 흐르는 식은

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= K \times C \times D_1^{2.63} \times I^{0.54} \\
 Q_2 &= K \times C \times D_2^{2.63} \times I^{0.54}
 \end{aligned}$$

따라서 상기의 식에서 관경 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>인 2개의 관로가 유속계수 C와 관로 연장 L가 같을 때 관경 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>의 관로에서 관경과 유량과의 사이에는 다음 식과 같이 등치 관계가 된다.

$$\begin{aligned}
 Q_1 / Q_2 &= (D_1 / D_2)^{2.63} \text{ 에서} \\
 \text{고로, } Q_2 &= (D_1 / D_2)^{-2.63} \times Q_1 \\
 D_2 &= (Q_1 / Q_2)^{-0.38} \times D_1
 \end{aligned}$$

이것을 이용하여 유량과 관 길이와의 등치 관계식은

$$\begin{aligned}
 Q_1 / Q_2 &= (L_1 / L_2)^{0.54} \text{ 에서} \\
 \text{고로 } Q_2 &= (L_1 / L_2)^{0.54} \times Q_1 \\
 L_2 &= (Q_1 / Q_2)^{1.85} \times L_1
 \end{aligned}$$

관경과 관 길이와의 등치 관계식은

$$\begin{aligned}
 D_1 / D_2 &= (L_1 / L_2)^{0.205} \text{ 에서} \\
 D_2 &= (L_1 / L_2)^{-2.63} \times D_1 \\
 L_2 &= (D_1 / D_2)^{-4.87} \times L_1
 \end{aligned}$$

이 등치 계산의 방법은 관로의 합성 또는 분해하는 관수로의 중요한 것으로 예를 들어 문제를 풀어 보자

[문제] 기존 상수도 관로가 구경 D<sub>1</sub>이 350mm 관로로 A점에서 B점으로 거리 1,000m 거리에 송수될 때 A~B간의 손실수두가 10m로 B점의 잔존수두가 20m이다. 기존의 관로가 노후하여 신설 관로를 부설하려고 계획할 때 현재의 송수량을 1.8배로 늘려 송수하려 하면, B점에서의 잔존 수두를 현재와 같게 유지하기 위한 관경 D<sub>2</sub>는 얼마인가.

[해설] 문제를 풀기 위한 송수량 Q<sub>1</sub>과 송수량 Q<sub>2</sub>에 대한 조건인 관길이 L, 손실수두 h, 잔존수압 P, 유속계수 C, 동수경사 I = h / L는 일정하므로 유량 Q와 관경 D의 등치 관계식에서

$$\begin{aligned}
 Q_1 / Q_2 &= (D_1 / D_2)^{-2.63} \\
 D_2 &= (Q_1 / Q_2)^{-0.38} \times D_1 \text{에 상기 변수를 대입하면 } D_2 \text{는} \\
 D_2 &= (Q_1 / 1.8 Q_2)^{-0.38} \times 350\text{mm} = 438\text{mm}
 \end{aligned}$$

고로 기존 관경 350mm에 1.8배의 유량을 배수하기 위하여 개량하는 관경 D<sub>2</sub>는 450mm의 관으로 교체 매설할 시 B점에서의 잔존수두는 현재와 같이 될 수 있다.

### 3. 관로의 분해와 합성

관로의 분해와 합성이란 수리적 등치 관계를 유지하기 위해서 1개의 관로를 같은 연장의 n개의 병렬 관로로 분해하거나, 역으로 같은 연장의 n개의 여러 가닥의 수도 관로를 1개의 관로로 합치는 것을 말한다.

예를 들면 다음과 같이 A의 관경이 500mm, 유량이 12m<sup>3</sup>/분이고, B의 관경이 300mm, C의 관경이 400mm이나 연장은 동일 할 때 B, C 두관의 유량을 구한다.

이때 B, C 두관의 동수경사는 같고, 관중도 동일하다.



▲ 관로의 분해와 합성 예시

Weston공식을 활용하여 문제를 풀면

$$\text{B관의 총손실수두 } H_b = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_b^2}{2g}$$

$$\text{B관의 총손실수두 } H_b = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= f \times \frac{L}{0.3} \times \frac{V^2}{2g} = 3.333 \times f \times L \times \frac{V_b^2}{2g}$$

$$\text{C관의 총손실수두 } H_c = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_c^2}{2g}$$

$$\text{B관의 총손실수두 } H_b = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= f \times \frac{L}{0.4} \times \frac{V_c^2}{2g} = 2.5 \times f \times L \times \frac{V_c^2}{2g}$$

$$3.333 \times f \times L \times \frac{V_b^2}{2g} = 2.5 \times f \times L \times \frac{V_c^2}{2g}$$

$$3.333V_b^2 = 2.5V_c^2 \rightarrow V_b = 0.866V_c \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

연속의 법칙에서

$$Q_o = Q_A + Q_B$$

$$= (\pi \times 0.3^2 / 4) \times V_A^2 + (\pi \times 0.4^2 / 4) \times V_A^2 \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

① 과 ② 를 연립하여 풀면

$$Q_o = 0.0707 V_b + 0.1257 V_c = 0.1869V_b$$

$$V_c = 1.07 \text{ m/sec} \quad V_b = 0.927\text{m/sec}$$

$$Q_b = (\pi \times 0.3^2)/4 \times V_b = 0.0655\text{m}^3/\text{sec}$$

$$Q_c = (\pi \times 0.4^2)/4 \times V_c = 0.1345\text{m}^3/\text{sec}$$

A, B간의 단일 관로에 관경 D를 동일 A, B 구간에서 유량, 유속계수 및 관말에서의 잔존 수압 등이 변하지 않는 관경으로 D<sub>1</sub> 과 D<sub>2</sub> 로 나누는 경우이다.

Hazen-Williams의 공식에서

$$Q = K \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54}$$

$$Q_1 = K \times C \times D_1^{2.63} \times I^{0.54}$$

$$Q_2 = K \times C \times D_2^{2.63} \times I^{0.54}$$

단일 관로를 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>로 나누어도 유량 Q에 변화가 없어야 하므로

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{에서}$$

$$D^{2.63} = D_1^{2.63} + D_2^{2.63}$$

관경 D인 관로를

$$\text{관경 } D_1, D_2, D_3 + \dots + D_n$$

$$D^{2.63} = D_1^{2.63} + D_2^{2.63}$$

$$= \sum_{i=1}^n D_i^{2.63} = nD^{2.63}$$

#### 4. 설계도 작성 유의사항

##### (1) 현장조사

- ① 설계자는 사업을 시행하고자 하는 구간에 대하여 포장도로 굴착승인 여부를 관할 구청 및 유관기관과 협의하여 사업시행 가능여부를 사전에 문서로 협의 확인한다. 특히 노후배급수관 정비사업은 도로굴착 승인 시기에 따라 단계별 사업의 우선순위를 조정하여 시행한다.
- ② 설계자는 사업구간의 배관망도와 관련기관의 매설물도를 참고하여 기존 관로 및 각종 변실을 확인하고, 포장 종류, 도로 폭 및 하수 BOX, 가스, 체신 등의 지하매설물을 배관망도(S=1:1,000)에 표시한다.
- ③ 설계자는 공사구간과 주변의 주요지점별 수압조사, 공사구간 내의 기존 공기밸브, 퇴수밸브, 소화전 등의 위치를 확인하고, 기존시설물의 재사용 여부를 판단하여 설계에 반영한다.
- ④ 설계자는 공사계획 구간의 급수관 개량 대상을 조사할 때는 기존 급수관의 재질, 구경, 개량할 연장, 수도계량기 보호통 교체여부, 급수관 구경확대 여부 등을 현장과 배관망도를 참고하여 조사한다.
- ⑤ 간선배관에서 소블록의 유입 배수관에 대한 분기관경 및 위

치의 적정 여부 및 유량계실 설치에 따른 지장물 유무를 조사한다.

- ⑥ 설계자는 현장사무실의 설치장소, 자재적치의 장소가 교통상황 및 주변 주민생활을 고려하여 불편을 초래하지 않는 곳을 선정한다.
- ⑦ 설계자는 각종 상수도 공사가 시민을 위한 사업임을 인식하고, 공사의 안전관리 및 통행로 확보, 공사 중 분진 및 소음 발생 등 시민불편을 최소화하도록 설계에 반영한다.

## (2) 설계도면

### ① 표지

- (a) 표지의 상단에는 공사명, 하단에는 발주처명을 표시하고, 중앙에는 공사위치를 알기 쉽게 해당 블록 배관망도(S=1:3,000)를 상부 방향이 북측으로 배치하고, 하단부에는 총 공사개요를 표시한다.
- (b) 위치도에는 주변의 블록, 수계 및 기존 배관망 등을 알아볼 수 있는 크기로 나타내고, 신설관은 진하게 표시한다.
- (c) 도면의 규격은 가로 68cm × 세로 54cm를 준용하고, 배관망 표시는 배관망도 관리지침에 의하여 작성한다.

### ② 평면도

- (a) 평면도에는 1/1,000 배관도를 활용하여 기존관은 도면대로, 신설관은 굵게 표시하고, 신설관 매설위치가 기존관과 다른 방향으로 매설 할 경우에는 폐쇄 구간을 표시한다.
- (b) 평면도에는 구간별 신설 제수밸브의 위치, 횡단굴착의 위치 및 번호와 공사개요 등을 표시하되 평면도의 배관과 세부 상세도의 방향을 일치시킨다.
- (c) 수지식 관말 관로 등의 정체수 구간은 블록 내에서 순환 배관될 수 있도록 관망을 정비토록 하고, 기존의 우수 흐름이 변화하여 적수 등이 발생할 수 있는 구간에는 퇴수밸브를 설치한다.
- (d) 평면도에는 기존관의 현황(관종, 구경, 부설년도 등)과 남북방향을 표시한다.
- (e) 급수관 개량은 별지의 평면도(S=1:1,000)에 급수관 개량 위치와 수도계량기 보호통의 위치를 표시하고 수도계량기 보호통 교체여부와 번지수 별로 노후 급수관의 개량 물량표를 작성한다.
- (f) 별지의 평면도(1/1000)에는 기존관에 대한 철거·폐쇄계획도를 작성하여 철거, 폐쇄구간을 굵게 표시하고, 도면

우측 상단에 철거 및 폐쇄관에 대한 관종, 구경, 연장 내역을 기재한다(누방 58442 - 1133호'98. 8. 1 참조).

공사구간의 시, 종점부에는 횡단굴착을 공사설계 전에 시행하고, 공사를 시행할 때는 기존관의 본관 분기점을 전량 철거 조치하는 등 기존관을 철거함을 원칙으로 한다.

### ③ 종단도

- (a) 종단도에는 간선 배수관에서의 분기위치 및 중간 제수밸브, 퇴수밸브, 공기밸브 또는 지장물 등의 주요사항을 표시한다.
- (b) 하수 BOX 등 대형 지장물을 횡단 할 경우에는 반드시 공기밸브를 설치하여야 하며, 보수용 제수밸브 또는 일체형 급속공기밸브를 설치하고, 양약단관을 사용하지 않는다.

### ④ 상세도

- (a) 상세도는 평면도와 같은 관로방향으로 작성하되, 구간별 위치도에 따른 배관상세도 및 재료표를 작성하고, 재료 총괄표를 작성한다.
- (b) 상세도의 재료표에는 상세 번호별로 재료 목록을 작성하고, 변경설계에 대비하여 변경란을 확보한다.
- (c) 지장물을 횡단하는 경우에는 지장물의 종류 및 크기와 위치를 표시하고, 암거 등의 횡단부는 수구방향을 상방향으로 배관 설계한다.
- (d) 지장물 횡단 등으로 곡관을 사용할 때는 삽입길이가 긴 L형의 곡관을 사용하여야 하며, 45°와 22.5의 곡관을 조합 설계하고, 도면에 곡관 구경 및 규격을 표시한다.
- (e) 기존관이나 소화전을 연결하는 경우에는 신설관은 실선으로 기존관은 점선으로 표시한다.
- (f) 신설관과 기존관을 연결할 때 기존관이 협소하여 향후 확대 배관할 구간에 대하여는 편락관 전에 개량할 구경의 제수밸브로 설치하여 향후 단수치 않고 공사토록 대비한다.
- (g) 배수관의 최소 구경은  $\phi 150\text{mm}$ 를 준용하되, 막힌 골목, 단거리의 구간, 급수수요의 증가가 없을 것으로 판단되는 골목길은 향후 급수 수요에 적합한 배수관경으로 조정하여 설계한다.

### ⑤ 기타

- (a) 배수관은 보도측으로 부설함을 원칙으로 한다. 또한 간선 배관을 부설 할 경우에는 부설구간내 블록별로 유입관 분

계획에 의하여 간선배관과 배수관간에 연결토록 한다.

- (b) 일시 급수개소 및 신설관로 세척 등은 현장여건 및 실정에 맞춰 관로공사 기간을 산정하여 적정하게 적용한다.
- (c) 인력 터파기와 기계 터파기의 기준은 현장의 도로여건 및 지장물 등을 감안하여 적정하게 적용한다.
- (d) '84, '85년 이전의 주철관은 절단 또는 부단수 천공을 하여 사전에 노후도 등을 확인한 후 개량사업에 반영하고, 기존관이 협소하여 개량할 구간에서 관 내부가 라이닝된 주철관일 경우 다른 노후 관로 구간을 찾아 노후관 위주로 개량한다.
- (e) 소화전, 급수탑의 신설 및 보수 등은 소방본부와 협조하여 시행한다.
- (f) 배수관에서 막다른 골목의  $\varnothing 40\text{mm}$ 나  $\varnothing 50\text{mm}$  급수관 분기는 제수밸브 겸용 새들분수밸브로 분기하여 배관한다.

**(3) 공기밸브의 설치기준**

**① 설치목적**

송·배수관을 부설할 경우에는 관의 내부 공기로 인한 유수단면의 축소로 유량감소 및 공기압력에 의한 관의 파열(Air Pocket) 또는 변형 등의 사고예방을 위하여 공기밸브는 다음 각 항에 적합하게 설치하여야 한다.

**② 설치요령**

- (a) 공기밸브의 설치 위치는 전체 관로를 통한 최고부와 국부적인 그 부근의 최고점에 설치하여야 하며, 교량에 첨가하여 부설한 관로이거나 수관교의 중앙부도 여기에 상당한다. 특히 공기밸브는 아래의 위치에 적합하게 설치하여야 한다.
  - 관로의 돌출부에 설치하여야하나 제수밸브의 중간에 돌출부가 없는 경우에는 높은 편의 제수밸브 바로 앞에 설치하여야 한다.
  - 매설관에 설치하는 공기밸브에는 반드시 공기밸브실을 설치하여야 한다.
  - 공기밸브 주위의 지하수가 높을 때에는 지하수가 유입하지 못하도록 필요한 높이의 관을 이어서 높게 설치하도록 하고 배수구를 설치하여야 한다.
  - 장애물의 횡단구간, 역사이폰부 등 공기의 유출입이 많다고 판단되는 경우에는 공기밸브를 설치한다.
  - 통수시에 관말이 되는 제수밸브의 앞에는 반드시 공기밸브

를 설치하여 관말의 정체된 공기를 제거시켜야 한다.

- 관로의 돌출부는 전 관로를 통한 최고부가 아니고 국부적인 부근의 최고점에 설치하여야하며, 교량에 첨가하여 부설한 관로이거나 수관교의 중앙부도 여기에 상당한다.
  - 장애물 통과 구간은 물의 방향을 고려하여 장애물이 통과 이후의 공기배출 및 흡입이 필요한 위치에 설치하여야하나 현장여건(심도, 폭, 동수경사 등)에 따라 장애물의 전, 후 또는 양편에 각각 설치하여야 한다.
  - 돌출부가 없이 연장이 길은 구간은 제수밸브 사이의 적당한 간격에 공기밸브를 설치하여야 한다.
  - 공기밸브는 그 기능을 완전하게 발휘하기 위하여 플로우트볼 및 디스크의 작동이 수평이 되도록 설치하여야 한다.
  - 한냉지에서는 공기밸브의 동결을 막기 위하여 밸브실 뚜껑을 이중구조로 하거나 방한재를 채워 보온하여야 한다.
  - 공기밸브의 배출공에 이상이 생겨 정상 작동이 되지 않을 때는 신속히 수리보수 또는 교체하여야 한다.
- (b) 관경 400mm 이상의 관로를 부설할 때는 반드시 공기밸브를 설치하여야 하며, 관경 400mm 미만의 관이라도 장애물의 횡단구간, 기타 역사이폰 구간 등 공기의 유출입이 많다고 판단되는 경우에는 공기밸브를 설치하여야 하고, 공기밸브실을 설치하여야 한다.
  - (c) 장애물을 통과하는 구간은 물의 방향을 고려하여 장애물을 통과하기 이전의 위치에 공기밸브를 설치하여야 하나, 현장 여건(심도, 폭, 동수경사 등)에 따라 장애물의 전, 후 또는 양편에 각각 설치할 수 있다.
  - (d) 공기밸브 주위의 지하수가 높을 때는 공기밸브가 지하수에 잠기지 않도록 설치하여야 하며, 배수구를 설치하여야 한다. 특히, 동수경사선상에 설치된 터널의 유입구 등에는 공기 배출용 관을 설치하여야 한다.
  - (e) 관말에 제수밸브를 설치하고 맹판을 설치하는 등의 관로에는 반드시 공기밸브를 설치하여 관말의 정체된 공기를 배출시켜야 한다.

**(4) 퇴수밸브의 설치기준**

**① 설치 위치**

- (a) 퇴수밸브는 하천, 도로, 지하구조물 등 횡단 지역에 이물

질이 적체되어 수질에 영향을 주는 위치에 설치한다.

- (b) 퇴수밸브는 관 내부에 이물질이 적체되었다가 단수시 저지대로 역류되어 수질에 영향을 줄 수 있는 관로 구간에 설치한다.
- (c) 기타 퇴수밸브가 필요한 관로 구간과 수질 보전에 필요한 지역 및 관로가 낮은 지역에는 퇴수밸브를 설치하여야 한다.  
특히 공동구내의 관로 중 가장 낮은 구간에는 반드시 퇴수밸브를 설치하여야 한다.

## ② 설치 요령

- (a) 퇴수밸브는 드레인관으로 분기하여 설치하고, 퇴수밸브의 구경은 주 관경의 1/2 ~ 1/4 정도로 설치하되 가급적 크게 설치한다.
- (b) 중요한 퇴수 장소에는 주관로에도 제수밸브를 설치하고, 퇴수밸브를 설치한다.
- (c) 특별한 사항이 없는 한 퇴수밸브의 관저고는 본관의 관저고와 일치토록 하고, 퇴수밸브의 토출구는 반드시 방류수로의 최고수위보다도 높게 설치하여야 한다.
- (d) 퇴수관보다 하수도가 높은 위치에 있는 경우에는 하수의 역류를 방지토록 퇴수 박스를 설치하는 등 별도의 조치를 하여야 한다.
- (e) 퇴수관의 설치 여건상 퇴수되는 물을 직접 확인할 수 없는 퇴수밸브는 제수밸브 이전에 수질을 확인할 수 있는 코크를 설치하여야 한다. 다만, 코크는 동절기 동파를 대비하여 보온 설비하여야 한다.

## (5) 자재 사용

### ① 자재사용

- (a) 모든 자재는 관급구매 사용을 원칙으로 하며, 공사에 소요되는 곡관 및 이음관 등 모든 자재의 소요수량과 관급자재 구매수량을 정확히 파악하여 자재증감에 따른 잉여자재가 발생하지 않도록 하고 사급자재 사용은 지양한다.
- (b) 구경 350mm 이하 닥타일주철관의 이형관은 KS D 4317에 규정한 에폭시 수지로 분체 도장된 제품을 사용한다.
- (c) 수도관 및 제수밸브에는 관 마개를 부착하여 납품토록 반영한다.
- (d) 정자관 분기시에는 소켓후렌지 정자관을 사용하고, 양후렌지 단관을 연결한 후 제수밸브를 설치한다.

- (e) 관로 배관은 낮은 곳에서 높은 곳으로 시공 순서를 정하여 설계 및 시공한다.
- (f) 기존관 또는 소화전에서 신설관을 연결할 때는 가급적 기존관과 기존 제수밸브 또는 기존의 원형철개를 재활용한다.
- (g) 보도나 6m이하 도로의 소규모 도로에는 변실 설치기준에 의하여 중형변실(φ318mm)로 설치한다.
- (h) 정자관 분기후 곡관부와 연결 할 때는 배관의 이음관 양쪽에 이탈방지압륜을 사용하여 누수를 방지한다.
- (i) 골목길 교차로마다 분기 제수밸브의 설치보다는 주변 배관망 및 단수범위 등을 조사하여 가급적 정자관으로 연결하고, 필요한 위치에만 제수밸브를 설치토록 한다.
- (j) 급수관 분기는 배수관의 관종(주철관, PE관 등)에 맞는 새들분수전을 구매하여 사용한다.
- (k) 외경이 다른 관과 접합할 때에는 플랜지 편락관을 이용한 접합방법으로 설계하여야 한다.
- (l) 폐쇄되는 구간의 불필요한 제수밸브 분기점부는 정자관의 철거를 원칙으로 하며 철거부위는 직관으로 연결하여 정체수가 발생되지 않도록 유의한다.
- (m) 스테인리스 재질과 타 금속간이 접하는 부위는 이중 금속간의 전위차에 의한 부식방지를 위한 절연자재를 사용한다.
- (n) 블록과 블록간을 넘어가는 배관이 소구경 일 때는 배수관에서 절관하여 블록고립이 되도록 정비하고, 적정 구경일 때는 제수밸브를 설치하여 순환 배관망으로 배관정비 한다. 📍