

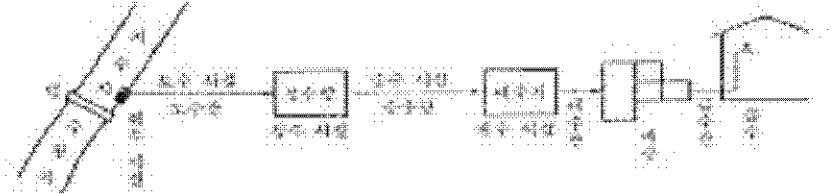
수질환경시험대비 상·하수도 이론 01	부산 금성기술전문학원 051) 806 - 2200	강사 : 손기수
	http://www.kstech.co.kr	http://www.daum.net/sonkisoo

제1장 상·하수도(上下水道)의 기본계획(基本計劃)

1. 개요(概要)

1) 상수도(上水道)

- ① 하수도에 대응하는 용어로서 도관(導管) 및 기타 공작물(工作物)을 사용하여 원수(原水) 또는 정수(淨水)를 공급하는 시설의 총체를 말한다.
- ② 수도시설이라 함은 원수 또는 정수를 공급하기 위한 취수(取水), 저수(貯水), 도수(導水), 정수(淨水), 송수(送水), 배수시설(配水施設), 급수장치(給水裝置), 기타 수도에 관련된 시설을 말한다.



2) 하수도(下水道)

- ① 상수도에 대응하는 용어로서 오수(汚水) 또는 우수(雨水)를 배제(排除) 또는 처리(處理)하기 위하여 설치되는 도관, 기타 공작물과 시설의 총체를 말한다.
- ② 공공(公共)하수도라 함은 주로 시가지(市街地)에서의 하수를 배제 또는 처리하기 위하여 지방자치단체가 설치하는 하수도를 말한다.

2. 상수도와 하수도의 계통(系統)

1) 급수계통(상수도의 구성요소)

- ① 집수 및 취수시설 : 수원에서 수요량에 대하여 충분한 양만큼 집수하고 취수하는 시설
- ② 도수시설 : 수원에서 취수한 물을 정수장까지 공급하는 시설
- ③ 정수시설 : 수질(水質)을 요구되는 정도로 정화(淨化)시키는 시설
- ④ 송수시설 : 정수된 물을 배수지(配水池)까지 보내는데 필요한 시설
- ⑤ 배수시설 : 배수지로부터 배수관까지의 시설
- ⑥ 급수시설 : 배수관에서 분지(分枝)하여 각 소비자의 급수전 사이에 존재하는 시설

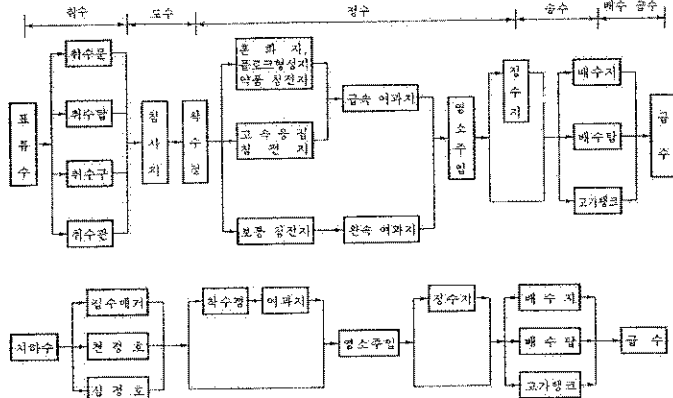
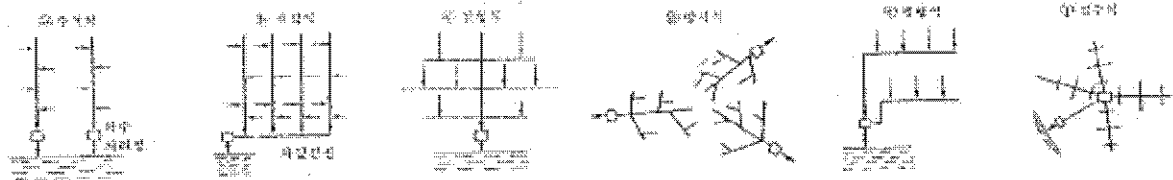


그림 수도시설의 일반적 계통도

2) 하수도의 계통

- ① 하수관거(下水管渠)의 배제방식(排除方式)
하수와 우수는 하수관거에 의해 수집되어 처리 또는 처분되는 장소까지 유송(流送)되는데 하수와 우수를 동일한 관에 의하여 배제하는 합류(合流)식과 오수와 우수를 각각 분리하여 배제하는 분류(分流)식이 있다.
- ② 배수계통 방식
㉠ 직각식(直角式) 또는 수직식 : 하천이 도시중심에 있는 경우나 해안에 길게 발달된 도시에 적용된다. 하수의 배제속도는 빠르나 토구가 많고 시내 하천의 오염이 생기기 쉽다.
㉡ 차집식(遮集式) : 직각식에서 각 토구에 차집관을 설치하여 오수를 수집, 방류하든가 펌프장 또는 하수처리장으로 보낸다.
㉢ 선형식(扇形式) : 지형이 한쪽으로 경사져서 하수관이 수직상으로 배치되는 것으로 모든 하수가 한 지점으로 모여 처리에 비교적 경제적이다.
㉣ 방사식(放射式) : 도시의 주변에 방류수면이 있든가 또는 시가지 중심이 높고 주위를 향해서 경사져 있는 경우에 적용된다.
㉤ 평행 또는 고저단식 : 지형 상 고지대와 저지대가 공존할 때 적용된다.
㉥ 집중식 : 사방에서 1개소로 향해 집중 유하시켜 다음 구역의 간선으로 유송하는 방식이다.



3. 상·하수도 계획수립

1) 기본계획의 목표

기본계획은 장래에 상·하수도가 충분히 그 기능을 발휘하고 정상적 발전을 이루도록 목표를 결정하여야 하며 아래와 같은 기본방침을 정해야 한다.

- ① 상수도
 - ㉞ 위생적으로 안전한 물을 계획목표년도까지 필요 지역에 안정되게 공급할 수 있을 것
 - ㉟ 전반시설이 합리적이고 안전성을 가지고 있어야 하며 지역에 안정되게 공급할 수 있을 것
 - ㊱ 상수도 정비에 관한 종합계획에 잘 부합될 것
 - ㊲ 물의 효과적 이용을 도모할 것
- ② 하수도
 - ㉞ 오수의 배제와 처리 및 누수배제의 두 기능을 함께 갖도록 할 것
 - ㉟ 오수처분계획에 있어 방류수역의 수질오염을 초래하지 않을 것
 - ㊱ 각 개별 하수도 계획은 유역별로 하수도 정비 종합계획을 세워 적합하도록 할 것
 - ㊲ 우수배제에 있어서는 대상지역에 관련된 하천, 농업용 배수로, 기타 배수로 등과 하수도를 포함한 종합적인 우수배제 계획을 만들 것
 - ㊳ 하수도시설의 목적
 - ㉞ 하수의 배제와 이에 따른 생활환경의 개선
 - ㉟ 침수방지
 - ㊱ 공공수역의 수질보전
 - ㊲ 지속발전 가능한 도시구축에 기여

2) 계획수립의 요령

- ① 자료의 수집 및 분석에 따라 계획목표년도(설계기간)를 정해 시설의 용량을 계획한다.
- ② 계획 구역 내의 적절한 상하수도 계통을 채택하여 계획용량을 배정한다.
- ③ 상수도 기본계획 수립할 때 고려사항
 - ㉞ 수량적인 안정성의 확보
 - ㉟ 수질적인 안정성의 확보
 - ㊱ 적정한 수압의 확보
 - ㊲ 지진 등의 비상대책
 - ㊳ 시설의 개량과 갱신
 - ㊴ 환경대책
- ④ 상수도 기본계획을 수립할 때에는 계획목표년도를 계획수립시부터 15~20년간을 표준으로 하며 가능한 한 장기간으로 설정하는 것이 기본이다.
- ⑤ 하수도계획의 기본적 사항
 - ㉞ 하수도 계획의 목표년도는 원칙적으로 20년 정도로 한다.
 - ㉟ 하수의 배제방식은 분류식과 합류식이 있으며 지역의 특성, 방류수역의 여건 등을 고려하여 정한다.
 - ㊱ 토구의 위치 및 구조는 방류수역의 수질 및 수량에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여 결정한다.
 - ㊲ 하수처리구역내에서 발생하는 수세분뇨는 관거정비 상황 등을 고려하여 하수관거에 투입하는것을 원칙으로 한다.

3) 계획수립을 위한 기초조사

- ① 급수량의 현황 및 추정에 필요한 관련 자료수집 및 계획목표 등에 대해 조사
- ② 가정, 공장 및 사업장에서의 배수량 및 수질에 관한 자료 조사
- ③ 상수원 및 하수배제와 방류구역에 대한 조사
- ④ 시설의 위치 및 구조 결정에 필요한 주위 자연조건 등의 조사
- ⑤ 환경조건에 대한 조사
- ⑥ 관련계획 등의 조사

4) 설계기간(=계획기간)(period of design)

새로운 수도시설 혹은 기존시설에 대한 확장시설을 하려는 경우에는 장래 5~15년간을 고려하여 계획해야한다. 목표연도를 너무 길게 잡으면 초기 축조비가 커서 비경제적이고 너무 짧게 잡으면 자주 확장공사를 해야 하므로 도시발전의 추세를 감안하여 결정해야한다. 일반적으로 설계 기간의 결정에 있어 고려할 점은 아래와 같다.

- ① 장비 및 축조물의 내구연한
- ② 시설확장의 난이도와 위치
- ③ 도시발전의 예상과 물 사용량
- ④ 자급취득의 난이와 차입금의 이자의 변동 및 화폐가치의 변동
- ⑤ 최소부하를 받는 시기에 있어서의 공사완료시기

★ 상·하수도 시설의 설계기간

구분	시설	특성	설계기간(년)
상수도	큰 댐, 큰 암거	확장이 어렵고 비싸다.	25~50
	배수시설, 여과지, 정호	확장이 쉬우나 도시 성장을 및 금리가 낮을 때 도시 성장을 및 금리가 높을 때	15~20(평균) 20~25 10~15
	φ300mm 이상의 관	소구경관으로의 대체는 비경제적	20 ~ 25
	φ300mm 이하의 관(부 간선)	요구도가 빨리 변함	완전이용에 해당하는 년수
하수도	φ300mm 이하의 관(부간선)	요구도가 빨리 변함	완전이용에 해당하는 년수
	간선(幹線), 토구(吐口)	확장이 난이하고 고가임	40~50
	차집거(遮集渠)	도시성장을 및 금리가 낮을 때 도시성장을 및 금리가 높을 때	20~25 10~15

5) 계획구역의 결정

도시의 전반적인 발전을 충분히 고려하고 계획목표년도까지 시가지화가 예상되는 지역을 포함하여 광의적, 종합적으로 정한다.

6) 계획인구수

① 상수도의 계획급수인구

계획인구는 계획기간 이내에 추정된 인구수에 보급률을 곱하여 결정한다. 이때 계획년한은 경제성을 고려하여 15~20년을 표준으로 사용하고 있다.

$$\text{급수 보급률}(P : \%) = \frac{\text{급수대상 인구수}}{\text{급수구역내 총인구수}} \times 100$$

② 하수도의 계획배수인구

하수도에 있어서 오수의 배수 인구는 계획년차에 있어서의 배수구역 내의 인구를 말한다.

4. 인구추정(population forecast)

상·하수도 계획을 위한 인구추정시 신빙도는 추정년도가 커질수록, 인구가 감소되는 경우가 흔할수록, 인구증가율이 증가될수록 적어진다.

1) 등차증가법(等差增加法) : 연평균 인구증가수를 기준으로 하는 방법이다.

$$P_n = P_0 + na \quad \text{여기서, } P_n : \text{과거 또는 미래의 인구수, } P_0 : \text{현재의 인구수}$$

$$n : \text{년수 (과거이면 -, 미래이면 + 값임), } a : \text{연평균 인구증가수}$$

이 방법은 추정이 과소해지는 경향이 있으며 따라서 그 적용은 발전이 거의 끝난 큰 도시나 발전할 가능성이 없는 도시가 보통이다. 단기간 예측에 적합하다.

2) 등비증가법(等比增加法) : 연평균 인구증가율을 기준으로 하는 방법이다.

$$P_n = P_0(1+r)^n \quad \text{여기서, } r : \text{연평균 증가율}$$

이 방법은 매년의 인구증가율을 일정하다고 보는 것으로서 인구수가 과대해지는 경향이 있으며 장래에 크게 발전할 가능성이 있는 도시에 적용시킨다. 단기간에 걸친 예측에 적합하다.

3) 최소자승법(最小自乘法)

4) 감소증가율법(減少增加率法)

인구가 매년 감소하는 율로 증가한다는 가정에 기초를 두는 방법으로 포화인구를 먼저 추정하고 구하고자 하는 장래인구를 예측하는 방법이다.

5) 지수함수식에 의한 방법

6) 논리법(論理法 : logistic method) : 논리곡선(S곡선)법, 포화인구 추정법

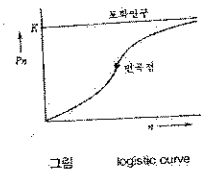
수리법(數理法)이라고도 불리우며 “인구의 증가에 대한 저항은 인구의 증가속도에 비례 한다”고 한 통계학자 Gedol의 생각을 정식화한 것이다.

$$P_n = \frac{K}{1 + e^{(a-bn)}} \quad \text{여기서, } P_n : \text{추정 인구수, } K : \text{포화인구수, } n : \text{기초년부터 경과년수}$$

e : 자연대수의 밑, a, b : 상수

이 방법에 의하여 인구는 무한년 전에 0, 연월이 경과함에 따라 점차 증가하며 종간의 증가율이 가장 높다가 다음에 증가율이 감소하여 무한년 후에는 일정한 포화수준에 도달된다.

- ① 도시의 일정구역내의 인구에는 한도가 있다.
- ② 인구증가율의 변화에는 일정한 S자형의 경향이 있다.
- ③ 인구의 최소한도는 0이다.
- ④ 지수함수식과 잘 일치한다.
- ⑤ 포화인구를 결정하기 어려운 문제점이 있다.
- ⑥ 장기간에 걸친 인구 추정에 많이 사용한다.



5. 급수량(給水量)

1) 사용목적과 수량

급수량은 상수소비량(water consumption)또는 상수요구량(water demand)이라고 하며 사용목적에 따라서 가정용수, 상업용수, 공업용수, 공공용수, 그리고 불명수로 분류되고 누수(漏水)와 도수(盜水) 등을 의미한다.

- ① 급수량은 통상 lpcd단위로 표시된다.
- ② 상수도의 소비는 일정한 것이 아니고 여러 가지 요소들에 의해서 크게 변한다. 따라서 급수율은 과거의 통계수치를 이용하거나 아니면 goodrich 공식을 사용하여 추측한다.

$$P = 180t^{0.1} \quad \text{여기서, } P : \text{연평균 소비율에 대한 백분율(\%)}, t : \text{시간(day)}$$

③ 소화전(消火栓)용 상수량

수량은 얼마 되지 않지만 화재 발생시에는 단시간에 걸쳐 높은 급수량이 요구되기 때문에 특히 소도시에서는 급수시설의 규모가 소화용수에 의해서 좌우된다.

◎ NBFU(the national board of fire underwriter)공식 (미국화재보험협회 추천공식)

$$Q = 3.86 \sqrt{P(1 - 0.01 \sqrt{P})}$$

여기서, Q : 소화용수량(m^3/min), P : 인구수를 1,000으로 나눈 값

이 공식은 인구 200,000 이하의 도시 중심지에 적용한다.

2) 급수량(給水量)의 변화(變化)

- ① 1인 1일 급수량 중 1일 평균배수량을 1년을 통하여 평균한 것을 1인 1일 평균급수량(연간 총급수량/급수인구×365일)이라 하고 1일 최대 배수량을 평균한 것을 1인 1일 최대급수량이라고 한다.
- ② 계획 1일 최대급수량은 취수, 도수, 정수, 송수설비의 설계기준이 된다.
- ③ 시간 최대급수량은 계획년차의 계획 1일 최대급수량이 일어나는 날의 최대급수량을 계획시간 최대급수량이라 하며 배수관 설계의 기준이 된다.
- ④ 시간 최대급수량과 일평균 급수량과의 비율의 표준적인 예를 들면 아래와 같다.

구 분	계 산 식
계획 1일 최대급수량	계획 1인 1일당 최대급수량 × 계획급수인구
계획 1일 평균급수량	계획 1일 최대급수량 × 0.7(중소도시) 계획 1일 최대급수량 × 0.8(대도시, 공업도시)
계획 1일 최대급수량	계획 1일 평균급수량 × 1.5(중소도시) 계획 1일 평균급수량 × 1.3(대도시, 공업도시)
계획 시간 최대급수량	계획 1일 최대급수량/24 × 1.5(중소도시) 계획 1일 최대급수량/24 × 1.3(대도시, 공업도시)

3) 사용수량(使用水量)의 종류

- ① 1일 1시간 평균급수량 = 1일 평균급수량/24
- ② 1일 최대급수량 = 1일 평균급수량 × 1.5
- ③ 시간 최대급수량(hourly maximum consumption) = 1일 최대급수량/24 × 1.5
= 1일 평균급수량/24 × 1.5 × 1.5 = 1일 평균급수량/24 × 2.25
- ④ 1일 최소급수량 = 1일 평균급수량 × 0.6
- ⑤ 월 최대급수량(monthly maximum consumption) = 1인 1일당 평균급수량 × 30 × 1.25

★ 수도사용량 비율 변화표

급수량의 종류	구분	연평균 1일 사용수량에 대한 100분비	수도구조물 명칭
1일 평균급수량		100	수원지, 저수지, 유역면적의 결정
1일 최대 평균급수량		125	보조저수지, 보조용수펌프의 용량결정
1일 최대급수량		150	취수, 정수, 배수시설(여과지면적, 송수관구경, 배수지)의 결정
시간 최대급수량		225	배수본관의 구경결정

4) 계획급수량의 산정식

- ① 계획1일최대급수량 = 계획1일평균급수량/계획부하율
- ② 계획1일평균급수량 = 계획1일평균사용수량/계획유효율

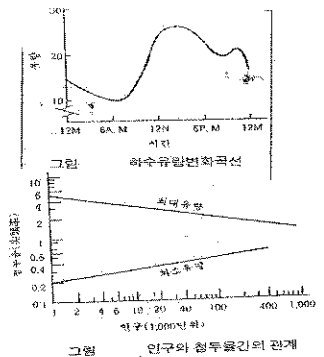
6. 하수량(下水量)

1) 하수(下水)

- ① 일반적으로 하수방출량은 상수소비량과 같다고 본다.
- ② 하수의 유량도 급수량과 같이 항상 일정한 것이 아니고 그림과 같이 시간에 따라 변하는데 그 양상이 상수소비율과 비슷하나 몇 시간 위상이 늦다.

2) 첨두율(尖頭率 : peaking factor)

하수량의 평균유량에 대한 비율 첨두율이라고 하며 대규모 하수거의 경우는 1.3보다 작으나 지선(支線)에서는 2.0을 넘을 수도 있다. 통상 지관은 첨두율을 4.0으로, 토구하수거는 2.5의 첨두율을 사용하여 설계한다.



7. 우수량(雨水量)

1) 강우강도(降雨強度) : 단위시간에 내린 비의 깊이로 단위는 mm/hr로 나타낸다.

- ① talbot 형 : $I = \frac{C}{t+b}$ (광주, 전주 등)
- ② sherman 형 : $I = \frac{a}{t^n}$ (서울, 부산, 목포, 울산 등)
- ③ Japanese 형 : $I = \frac{e}{\sqrt{t+d}}$ (대구, 인천, 여수, 포항, 강릉, 추풍령 등)
- ④ Feir 형 : $I = \frac{CT^m}{(d+t)^n}$

여기서, I : 강우강도(mm/hr), t : 강우지속시간(min), a, b, c, d, e, n : 지역에 따른 상수, T : 확률년수

2) 강우(降雨)의 빈도(頻度)

- ① 확률강우강도를 과거의 최고 강도로 취할 때는 시설이 과대해지고 따라서 비경제적이 된다.
- ② 중요지역에는 확률년수를 5~10년에 1회 일어날 정도의 비를 표준으로 한다.
- ③ 중요하지 않은 지역이나 큰 비가 많은 지역에는 1~3년에 1회 일어날 정도의 비를 표준으로 사용하는 것이 좋다.

3) 강우지속시간(降雨持續時間)

- ① 우수가 배수구역의 최 원격 지점에서 하수거에 유입할 때까지의 시간을 유입시간이라 하고 대체로 5~10분 정도이다.
- ② 하수거에 유입한 우수가 관 길이 L를 흘러가는데 소요되는 시간을 유하시간이라고 하며 관거 내의 유속이 V라면 유하시간은 L/V가 된다.
- ③ 유입시간과 유하시간의 합을 유달시간이라 하는데 강우강도식을 사용할 때 강우지속시간으로 유달시간을 사용한다.
 $T = t_1 + L/V$ 여기서, T : 유달시간(min), t_1 : 유입시간(min), V : 관거내의 평균유속(m/min), L : 관거의 길이(m)
- ④ 유달시간은 유입시간과 유하시간을 합한 것으로서 전자는 최소단위배수구의 지표면특성을 고려하여 구하며 후자는 최상류관거의 끝으로부터 하류관거의 어떤 지점까지의 거리를 계획유량에 대응한 유속으로 나누어 구하는 것을 원칙으로 한다.

4) 지체현상(遲滯現象 : retardation)

전 배수구역의 빗물이 동시에 하수거의 시점에 모이는 일은 없으며 최원격 지점의 우수가 최후로 그 점을 통과할 때 이 보다 가까운 지역에서 우수는 벌써 그 점을 통과한 후이다. 이 현상을 지체현상이라 한다.

5) 합리식(合理式)

우수유출량을 계산하기 위한 공식에는 합리식과 경험식이 있으나 합리식이 널리 사용된다.

$$Q = \frac{1}{360} C I A$$

여기서, Q : 우수량(m^3/sec), C : 유출계수(run off coefficient), A : 유역면적(ha), I : 강우강도(mm/hr)

6) 유출계수(流出係數)

배수구역내의 강우는 일부는 증발하고 일부는 지하로 침투하고 나머지가 하수관거에 유입하는 우수유출량과 전강우량의 비를 유출계수라 한다.

7) 경험식(經驗式)

① Burkli-Ziegler 식

$$Q = C R A \sqrt{\frac{S}{A}} \text{ (l/sec)}$$

여기서, C : 유출계수(시내 : 0.6, 시외 : 0.25), R : 강우강도(45 ~ 72mm/hr), A : 배수면적(ha)
S : 지표경사(천분율로 표시)

② Brix 식

$$Q = 0.5 R A \sqrt{\frac{S}{A}} \text{ (l/sec)}$$
 여기서, 식중의 $\sqrt{\frac{S}{A}}$ 는 지체계수라한다.