

# 침전조의 설계

李圭星

(환경처 기술감리위원)

## 1. 기능

침전조는 최초 및 최종 침전조로 구분되며, 이외에도 화학적 침강조, 부상침전조가 있는데 여기서는 일반적으로 최초 및 최종 침전조를 침전조라고 말하며 이의 폐수 중에 함유된 고형물을 분리시키는 침전조의 기능을 알아보기로 한다.

폐수는 각종 물리적 성상을 갖는 현탁액이어서 그중에 어떤 물리적 인자를 제거하기 위해서 각각 침전 특성에 따른 침전이론과 침전장치의 설계가 필요하게 된다. 흔히 침사조에서 볼 수 있는 자연 침강, 최초침전조 및 침중침전조에서 볼 수 있는 응집성입자의 침전공정(불완전응집성 침전과 완전응집성 침강의 차에 의해 지배됨) 및 농축조에서 볼 수 있는 간섭침강, 지역(Zone)침강, 압밀침강이 이루어진다.

실제로 최초 침전조에 있어서 고형물의 대부분은 침전조내의 유체이동에 따라서 어느 정도 응집이 진행되는 불완전 응집입자로서 침전조에 있어서 완전한 자유침강과는 다르다. 따라서 통상 최초침전조는 최종 침전조가 잉여오니를 인발시켜서 F/M비를 조절하기 위해 포기조로 반송되는 설비가 있음과 구별되고 최초침전조를 설계하는 목적은 다음과 같다.

첫째, 생물처리공정의 부하를 저감한다.

둘째, 후속 시설의 용량을 감소시킨다.

셋째, 운전비용이 싸게 소요된다.

넷째, 생물처리공정에 trouble 없도록 어느 정도의 수질향상을 도모한다.

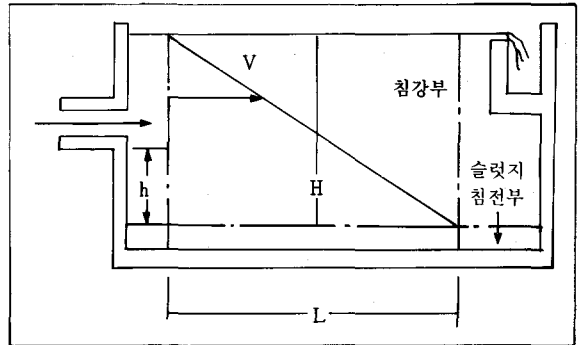
일반적으로 폐수의 성상에 따라 약간씩 차이는 있는데 최초침전조를 설계하는 쪽이 BOD를 30% 제거한다면 이 처리공정이 없을 때보다도 포기조의 관련 처리비용은 30% 증가한다고 하며, 그러나 초기투자비는 최초침전조를 설비함에 따라 증대된다.

## 2. 설계조건

### ① 침전효율

침전조의 침강공정은 불완전 응집입자의 침강으로서 제거율은 수면부하 및 입자의 침강속도와 수심, 즉 체류시간에 따라서 지배된다.

#### 가. 구형침전지



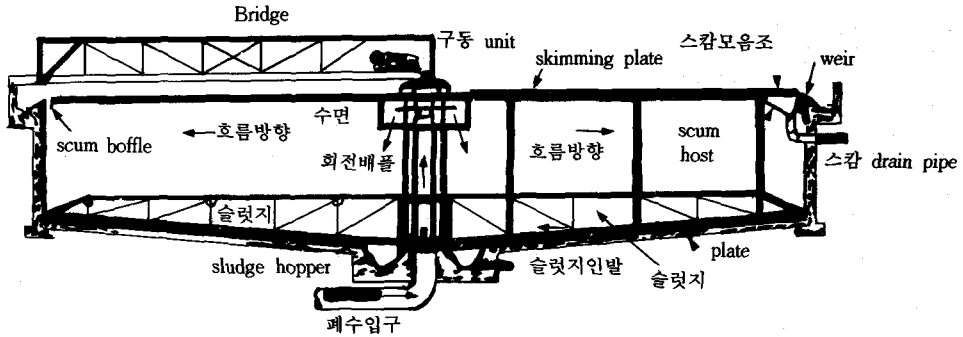
#### 나. 원형침전지 (57p참조)

구형(矩形)일 경우 폭(width:W), 길이(Length:L), 높이(Height:H)의 침전조내를 유체가 빠르게 균일한 유입을 하며 균등 유속분포를 갖고 흐르는 이상적인 침전조에 대해서 유입현탁입자는 침전조의 유입단면에 균일하게 분포하여서 입자가 침전조 저부에 도달할 때 제거된다고 하고 일단 침적된 입자는 재비산되지 않는다고 볼 때 최종침강속도( $V_t$ m/sec)는 입자가 완전히 분리제거되기 위해서는 침전조 최상단부에 유입된 입자가 길이(L)까지 운반되는 동안에 저부에 도달하면 된다. 이때의 조건은 다음 식과 같다.

$$\frac{H}{V_t} \leq \frac{L}{V}$$

이 경우 분리효율(y)은 1.0이며, 분리면적(A)에 의한 식으로 구할 수도 있다.

원형침전지



$$Vt \geq V \times \frac{H}{L} = \frac{Q}{W \times L} = \frac{Q}{A} = u$$

한편 익류속도(overflowrate) 또는 상승속도(u)는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$u = \frac{Q}{A}$$

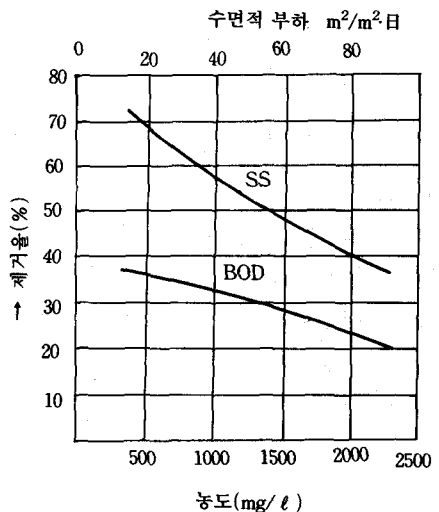
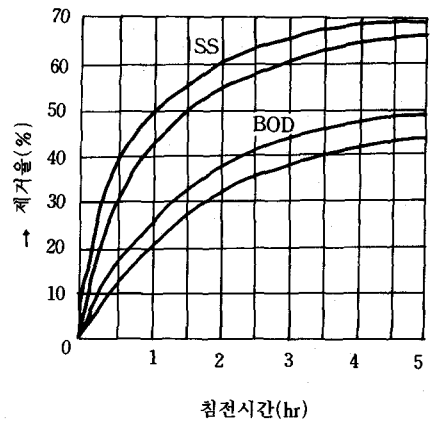
또한 침강속도가 적은 입자, 즉  $u \leq Vt$ 인 입자에 대해서 알아보면  $h = u(L/V)$ 보다도 아래쪽에 유입된 입자는 완전히 침강분리해서 이때의 분리효율(y)은 다음식으로 구할 수 있다.

$$y = \frac{h}{H} = u \times \frac{L}{Vt \times H} = \frac{Vt}{(Q/A)} = \frac{Vt}{u}$$

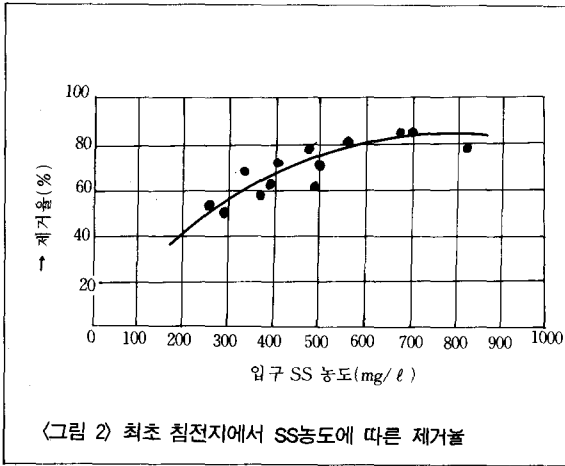
즉, 입자의 분리효율은 익류속도(u)와 입자의 침강속도(Vt)만으로 결정되며, 체류시간과는 관계없다.

그러나 실제 폐수의 현탁입자 침강속도분포 및 입경분포는 매일 변화하는 것으로서 알 수는 없어서 제거율은 계산만으로 판단하기가 곤란해 수면적 부하와 BOD, SS의 평균제거율 측정 그래프(그림-1)를 이용해 구할 수가 있다.

특히 여과탑의 탈리액 등의 고농도 제거율에서 볼 수 있듯이 부유물질(SS)은 초기농도에 의해서도 침전시간 1시간 동안의 제거율은 달라지는데 그림-2와 같다.



(그림 1) 농도, 수면적부하, 침전시간과 제거율의 관계

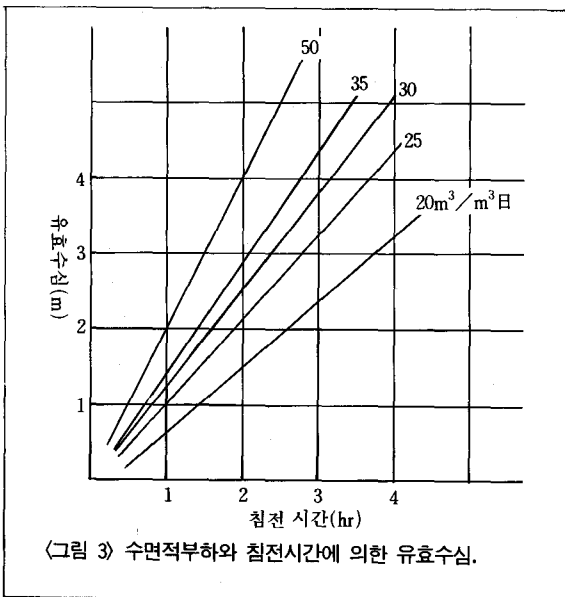


폐수의 성상에 따라 약간씩 차이는 있는데 최초침전조를 설계하는 쪽이 BOD를 30% 제거한다면 이 처리공정이 없을 때 보다도 포기조의 관련 처리비용은 30% 증가한다고 하며, 그러나 초기투자비는 최초침전조를 설비함에 따라 증대된다.

### ② 체류시간

체류시간은 오하수일 경우에 합류식일 때는 모든 공법에 관계없이 3~5hr, 분류식 때는 활성오니법 1.5~2hr, 살수여상법 2~2.5hr, 응집침전법 3hr정도이다. 또한 최소 유효수심은 활성오니법 2.4m, 기타 처리공법은 2.1m 정도에서 분리효율이 높은 것으로 조사에 의해 밝혀졌다. 또한 수심과 체류시간은 수면적부하가 주어졌을 때 다음 식으로서 구할 수 있다.

$$t = \frac{E \cdot V}{Q} \times 24 \text{ (hr)}$$



한편 수면적 부하에 따른 침전시간과 유효수심의 상관성을 그림-3에 나타냈다.

운전시 체류시간이 너무 길면 침전슬러지를 부패시켜 스컴발생, 수질변화, 악취발생 등 악조건이 발생함에 따라 설계시 중요시 해야 한다.

### ③ 유속

수면적부하와 체류시간이 결정되면 침전조의 소요면적과 수심이 정해지고 다음에 폭을 정하는 설계조건으로서 조내의 유하속도를 알 수 있다. 일반적으로 유속과 흐름의 안정함에 따라서 Fred 수( $F_R$ )가 사용되고 있다.

$$F_R = \frac{u^2}{g \times R} = \frac{mu^2/2}{\frac{R}{2} \times mg} = \frac{m \times u^2}{R \times W}$$

여기서, R : 경심  
g : 중력가속도  
m : 중량

여기서  $F_R$ 수는 클수록 흐름의 안정이 향상하며, 수로식 침전지에서는 유속이 빨라지면 흐름의 안정성이 커지고 밀도류나 편류(偏流)가 생기기 어려움이 밝혀졌다. 한편  $F_R$ 수는 운동에너지와 중량의 비나 운동에너지( $\frac{1}{2}mV^2$ )와 위치에너지(mgh)의 비로서도 결정되고 이 비가 어떤  $F_R$ 값  $10^{-5}$ 로 되면 밀도류가 방지된다. 이 관계로부터 유속은 0.5cm/sec~0.3m/sec 정도이하의 설계치로 채용함이 바람직하다.