

# 침전지내 정류벽위치 변경에 따른 효율향상

최계운\*, 안경수\*, ○김기훈\*\*, 김정현\*\*\*

## 1. 서 론

침전지에 관한 연구는 혼화지나 응집지에 관한 연구에 비하여 연구의 폭이나 기술향상의 정도가 느린 상태에 있고 국내의 경우에는 몇몇 연구자들을 제외하고는 거의 연구가 진행되지 않고 있다. 이와같이 연구가 미진한 사유는 침전지가 단독적으로 정수처리 공정에 사용되지 보다는 이 전공정인 혼화, 응집공정의 영향을 크게 받고 있으며 침전공정은 혼화나 응집공정에서 생성된 플러크가 침전제거되는 단순과정으로서만 인식하는데에서 비롯되고 있다. 물론 이와같이 침전지내에서의 침전효율이 이전공정인 혼화, 응집 결과에 크게 영향을 받는 것은 사실이지만 똑같은 혼화, 응집공정을 거쳤다 할지라도 침전지내에서의 물리적 현상이나 기하학적 특성에 따라 침전형태나 침전제거효율이 바뀌게 된다. 침전지의 역할을 제대로 감당하도록 하기 위하여는 침전지 유입구에서 유입수를 침전지내로 균등하게 배분하고 침전지내에서의 흐름이 등속평행류가 되도록 하는 것이 필요하나 실제 침전지내에서의 흐름을 세밀하게 관찰조사하면 침전지내에서 수운차나 탁도차 또는 침전지 구조로 인하여 편류가 발생하고 있으며, 특히, 바닥류나 표층류등의 밀도류가 있는 경우에는 흐름의 반대편에 정체부가 형성되어 침전지의 용량이 감소된것과 같은 효과가 나타나게 된다. 이와같은 이유 때문에 횡류식 침전지내에 정류벽을 설치함으로써 침전지내에서의 흐름을 안정화시키고 침전기능도 향상 시킬수 있으며 유입수와 침전지내 흐름간에 밀도류가 있는 경우에도 정류벽으로 구획하면 밀도류등을 방지시킬수 있는 장점이 있어 정류벽을 설치하는 것이 일반적이다. 한편으로는, 침전지 유출웨어 가까이 정류벽이 설치되어 있는 경우 설치된 정류벽으로 인하여 상향유속이 발생하고 이로인하여 침전된 슬러지가 부상하게되어 유출수의 탁도를 크게하는 경우가 실제 현장에서 발생하고 있으며, 몇몇 정수장의 경우 침전지 중간에 정류벽을 설치하여 침전효율의 향상을 기대하였으나 슬러지 제거기의 운행을 원활하게 하기 위하여 정류벽 하부를 일부 제거한 부분에서 유속이 크게되어 오히려 탁도제거효율을 감소시키는 결과를 가져오기도 한다. 따라서, 본 논문에서는 기존 침전지내에 정류벽의 적정설치위치변경에 대한 실험을 실시하여 탁도제거 효율향상을 기하고자 하였다.

## 2. 실험방법

침전지내 정류벽위치 변경에 따른 효율을 비교분석하기 위하여 한강수계내 S 정수장에

---

\* 인천대학교 토목공학과 교수

\*\* 인천대학교 토목공학과 석사과정

\*\*\* 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

12m<sup>3</sup>/day 규모의 pilot plant를 설치하여 실험을 실시하였다. pilot plant는 Fig.1에서 보는 바와 같이 원수공급조, 혼화지, 응집지 및 침전지로 구성되어 있으며, 응집약품으로는 PACS를 사용하였고 급속혼화에서의 혼화강도는 G = 1100/sec, 응집지에서의 응집강도는 1단, 2단, 3단에서 각각 G = 70/sec, 45/sec, 27/sec으로 실시하였다. pilot plant의 경우 유입원수의 특성에 따라 응집약품량을 결정하여야 하고, 원수의 특성을 임의로 결정할수 없는 단점이 있으므로, 본 실험에서는 Jar 실험을 사용하여 최적의 약품주입량을 결정하고 pilot plant에서는 Jar 실험결과를 바탕으로 최적의 응집을 나타내도록 응집약품을 일부 조정하여 사용하였다. 정류벽 설치실험은 Fig.2와 같이 침전지내 4개의 위치에 정류벽을 설치하여 실험을 실시하였으며, 실험결과는 Fig.2에 보인 바와같이 침전지내 30개 지점의 탁도를 측정하여 분석하였다.

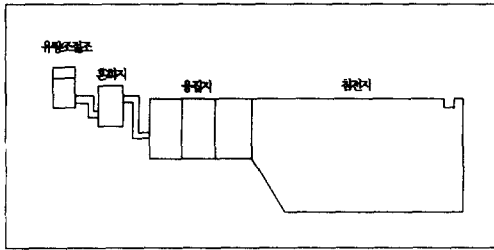


Fig.1 pilot plant 구조도

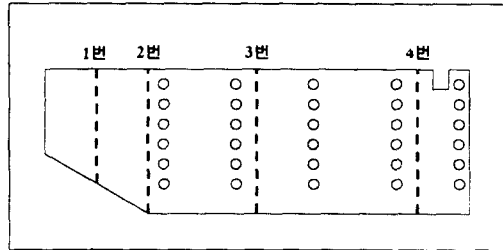


Fig.2 정류벽 설치위치와 탁도 측정위치

### 3. 1개의 정류벽 설치위치에 따른 탁도제거효율

앞에서 언급한 바와 같이 정류벽의 설치는 침전효율향상에 크게 기여하는 것으로 나타났으나 그 설치위치에 대하여는 보다 심도있는 접근이 필요한 실정이다. 다음의 Fig.3~Fig.8은 고탁도 및 저탁도에서의 정류벽 설치시 탁도제거효율을 보여주고 있으며 이를 살펴봄으로써 적정설치위치를 찾고자 하였다. 그림에서 점선은 정류벽 설치위치를 나타내고 있다.

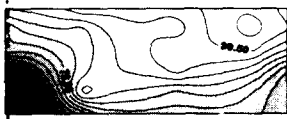


Fig.3 2번 정류벽 설치시. 원수탁도 25.3NTU. 탁도제거효율 80.5%

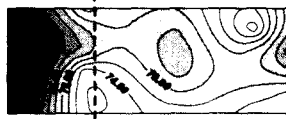


Fig.4 3번 정류벽 설치시. 원수탁도 15.5NTU. 탁도제거효율 76%



Fig.5 4번 정류벽 설치시. 원수탁도 26.2NTU. 탁도제거효율 71%



Fig.6 2번 정류벽 설치시. 원수탁도 4.00NTU. 탁도제거효율 73%

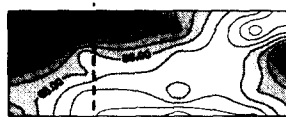


Fig.7 3번 정류벽 설치시. 원수탁도 4.00NTU. 탁도제거효율 69%



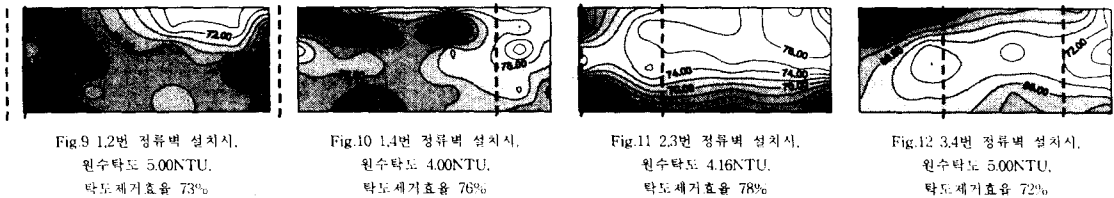
Fig.8 4번 정류벽 설치시. 원수탁도 3.50NTU. 탁도제거효율 60%

먼저 Fig.3~Fig.5는 고온고탁도시 정류벽의 위치를 전반부, 중앙부, 후반부에 설치하여 실험을 실시한 결과이다. Fig.3에서는 침전지의 전반부에서 미리 플러들이 제거되어 잔류 플러들이 침전지내를 흐르면서 침전하는 형태를 보여주고 있으며 Fig.4를 보면 정류벽 설치지점까지는 탁도제거효율이 급격하게 상승하고 정류벽을 통과한 플러들이 유출부에 이르기까지 계속적으로 부유하여 흐르는 모습을 보이고 있다. Fig.5에서 보면 정류벽에 이르기 전에는 일반적인 침전형태를 보이고

있으며 정류벽에 이르러 플럭들이 감소하는 경향을 보이고는 있지만 상류부에는 제거효율이 감소되는 점을 보아 정류벽을 통과한 플럭들이 미처 침전을 이루지 못하고 유출되는 것으로 판단된다.

저은 저탁도인 경우는 Fig.6~Fig.8에서 보는바와같이 나타났으며 실험기간동안 조류가 발생하여 침전지 상부의 탁도가 높게 나타났다. 이때에도 역시 침전지의 전반부에 정류벽을 설치한 경우인 Fig.6에서는 안정된 침전형태를 보여주고있으며 침전지 전반에서 조류를 초기에 제거하므로써 유출수에 영향을 적게 미친 것을 볼 수 있다. Fig.7의 경우는 조류가 많이 발생하여 미소플럭들이 조류주변에 많이 검출되는 경우이지만 이때도 역시 정류벽을 지나면서 탁질이 제거가 되어지는 것을 볼 수 있다. Fig.8에서는 침전지 전반에 걸쳐 탁질이 분포되어 있음을 보여주고 있으며 정류벽을 지나더라도 효율에는 크게 차이가 없는 것으로 보여진다.

#### 4. 두 개의 정류벽설치위치에 따른 탁도제거효율



다음은 기존에 침전지의 전반부와 후반부에 정류벽이 설치되어있는 경우를 고려하여 실험을 실시한 결과이다. 실험을 실시한 시기에 조류가 많이 발생하여 플럭들이 침전지 상부에 부유하여 흐르는 모습들을 보여주고 있는데 침전지 전반부에 두 개의 정류벽을 설치한 경우인 Fig.9와 Fig.11에서는 상부에 부유하여 흐르는 플럭들의 제거가 많이 이루어지는 것으로 나타나 침전지내에 두 개의 정류벽을 설치할때는 침전지의 전반에 설치하는 것이 더 효율적임을 알 수 있다. Fig.9에서 보면 침전지 전반부에 두 개의 정류벽을 연이어 설치한 경우인데 이 경우 1차정류벽에서 플럭이 제거된상태에서 바로 2차 정류벽으로 연결되어지므로 2차정류벽에의한 효과는 크게 나타나지 않는 것으로 나타났으며, Fig.10에서는 침전지 전반부와 유출웨어 바로 앞부분에 정류벽을 설치하여 실험을 실시한 결과인데, 침전지 전반에서 1차적으로 플럭들을 제거하기는 하였지만 침전지 중반에서 부유하여 흐르는 플럭들이 많이 검출되었고 침전지 후반에 있는 정류벽에 의해 부유하던 플럭들이 제거되어지는 모습을 나타내고는 있으나 부유하던 플럭들중에 일부가 정류벽을 통과하여 유출되는 모습을 보여주고 있다. Fig.11에서는 두 개의 정류벽을 하나는 침전지의 전반부에 나머지 하나는 침전지 중앙부에 설치한 경우인데 이 경우 전반부에 설치한 정류벽에서 1차적으로 플럭들이 제거되고 정류벽을 통과한 플럭들이 중앙부에 설치한 정류벽에서 2차 제거되어지고 침전지내 흐름상태도 안정되므로인해 침전지내 플럭분포상태가 침전지 하부에 분포되어있는 것으로 나타나 다른경우들에 비해 침전상태가 좋은 것으로 나타났다. Fig.12에서는 침전지 중반과 침전지 후반에 정류벽을 설치한 경우인데 침전지 전반에 생성된 조류에 의해서 침전지 상부에 플럭들이 많이 부유하여 흐르는 모습을 보여주고 있으며 탁도제거효율은 Fig.10이나 Fig.11에 비하여 낮게 나타나는 것으로 1차정류벽을 통과한 플럭들이 2차 정류벽에 이르러서도 제거가 완벽하게 이루어지지않는 것으로 나타났다.

## 5. 정류벽설치와 침전지내 흐름분석

침전지내 정류벽설치의 위치를 변경함에따른 침전지내 흐름상태의 변화를 알아보고 침전지내의 플럭의 거동을 조사하여 봄으로써 탁도제거효율에 대한 실험을 뒷받침하기 위하여 동위원소 추적자 실험을 실시하였다. 이를 위하여는 Tc-99m으로 표지된 벤토나이트를 급속혼화지 입구에 주입시켜 급속혼화지에서 응집제와 반응시킴으로써 벤토나이트가 현탁물질과 함께 섞여 응집되도록 하였다. 응집지를

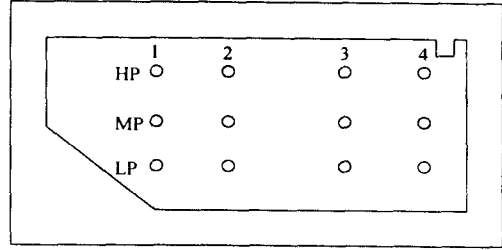


Fig.13 동위원소 검출기 설치위치

거치면서 커진 플럭들이 침전지로 유입되고 일정시간 경과후 침전지하부로 침전 또는 유출구로 배출될때까지의 거동을 추적하기 위해서 Fig.13과 같이 침전지내에 상부, 중부, 하부에 각각 4개씩의 추적자감지기를 설치하여 동위원소의 검출시간과 검출된 양에의해 침전지내 흐름상태를 파악하고 플럭의 거동을 추적하였다. 여기에서 HP는 High Position을 MP는 Mid Position을 LP는 Low Position을 나타내며 1~4는 각 Position에서의 검출위치를 나타낸다.

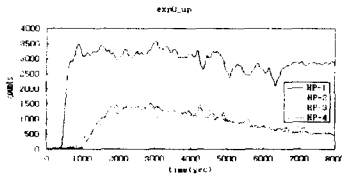


Fig.14 상단에서의 검출결과

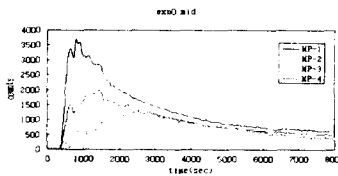


Fig.15 중단에서의 검출결과

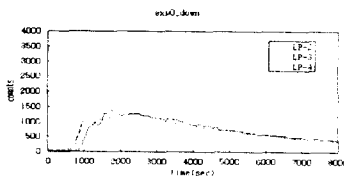


Fig.16 하단에서의 검출결과

Fig.14~Fig.16은 정류벽을 설치하지 않은 경우에 시간때 따른 동위원소의 검출결과를 나타낸 그림이다. 여기에서 동위원소가 검출되기 시작한 시간을 검출기까지 도달한 시간으로 보고 결과를 비교하여 보면 1지점에서의 검출시간은 거의 비슷한 것으로 나타났으나 2지점에서 비교해 보면 LP-2가 가장 늦게 검출되었고 MP-2가 가장 빨리 검출되었으며 3지점과 4지점에서 비교해 보면 MP지점에서 가장 먼저 검출이 되어 침전지내를 흐르는 유속의 분포는 일반적인 개수로의 흐름처럼 중반부에서의 흐름이 가장 빠르게 나타나고 침전지의 바닥에서의 흐름이 가장 느리게 나타나는 것으로 나타났다. 또한, Fig.14에서보면 1지점에서 많은양의 플럭이 검출되어지고 2,3,4지점에서는 거의 비슷한 양의 플럭이 검출되었지만 Fig.15에서보면 1,2,3지점을 지나면서 플럭의 양이 감소하다가 4지점에서 플럭의 양이 증가한 것을 볼수 있는데 이는 침전지 말단에서 상승유속이 발생하여 플럭이 상승하여지므로써 많은양의 플럭들이 검출된 것으로 보여진다.

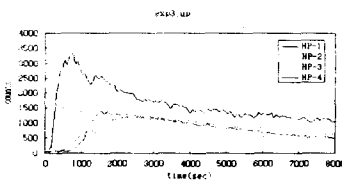


Fig.17 상단에서의 검출결과

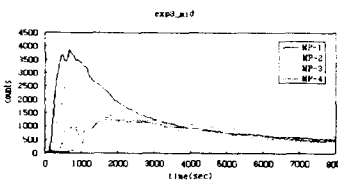


Fig.18 중단에서의 검출결과

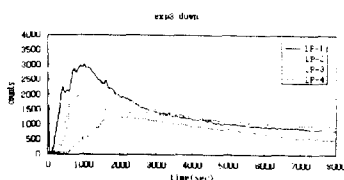


Fig.19 하단에서의 검출결과

침전지내 정류벽을 설치하지 않은 상태에서 실험을 실시한 결과와 비교하기 위하여 침전지의 중간부분에 정류벽을 설치한 경우를 Fig.17~Fig.19와 같이 나타냈다. 이경우도 마찬가지로 1번 지점에서는 상부, 중부, 하부의 검출시간이 거의 비슷하게 나타나 침전지 시작부분에서의 유속의 차이는 거의 없는 것으로 보이지만, 2지점에서는 HP-2와 MP-2가 거의 비슷한 시간에 검출이 되어졌고 LP-2가 조금 늦게 검출이 된 것으로 보아 침전지의 상부와 중부의 유속이 하부의 유속보다 빠르다는 것을 알수있으며, 정류벽을 통과한 3지점에서는 거의 비슷한 유속을 나타내고 있는 것으로 보아 정류벽을 통과하면서 차이가 있던 유속의 분포가 안정화 된 것으로 여겨진다. 침전지내 플럭의 이동을 보면 상부와 중부에서는 HP-3와 MP-3가 다른지점보다 플럭의 양이 적게 검출되는 것으로 나타났으며 2지점과 3지점에서보면 상부보다 하부의 플럭이 훨씬 많아진 것으로 보아 정류벽의 효과로인해 흐름이 안정화되면서 플럭의 침전효율이 높아진 것으로 보이며 정류벽을 통과하기전에 많은 플럭들이 제거되어지는 것으로 여겨진다.

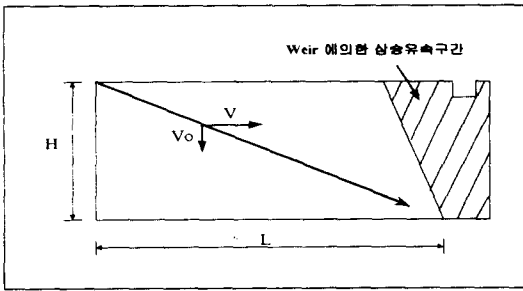


Fig.20 플럭의 침강속도와 유속과의 관계

Fig.20에서 보는바와 같이  $\frac{H}{V_0} \leq \frac{L}{V}$  일 때 플럭들이 월류하지 않고 침전을 이루므로

$$V_0 \geq \frac{HV}{L}$$

$$Q = AV = BH \cdot V$$

$$HV = \frac{Q}{B}$$

$$V_0 \geq \frac{Q}{BL} = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots \text{EQ.1}$$

윗식으로부터 입자의 침강속도는 수심에 무관계하며, 제거율은 지의 표면적에 좌우됨을 알수 있다. EQ.1은 처리할 수량을 침전지 표면적으로 나눈값이며, 이것을 수면적 부하율(surface overflow rate)이라 한다. 이러한 이론에 의해 플럭이 침전하는 경로는 Fig.20에서 보는바와 같이 침전지의 말단에 이르러 침전을 이루는 것으로 생각할수 있으나 실제로는 침전지 하부와 벽면에서의 마찰로인해 침전지내 유속은 균일하게 분포되지 않고 Fig.21과 같이 분포된다.

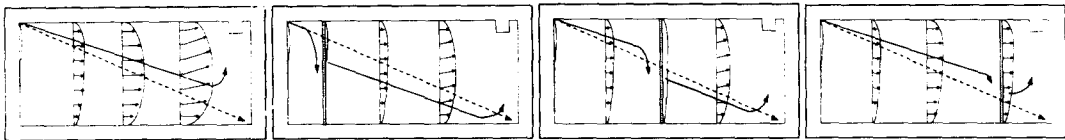


Fig.21 정류벽이 없는 경우

Fig.22 전반부에 정류벽 설치시

Fig.23 중반부에 정류벽 설치시

Fig.24 후반부에 정류벽 설치시

이 때문에 플럭의 이동또한 침전지 상층부위에서 빨라지게 되므로 플럭의 침전거리가 길어지게 된다. 이때 정류벽을 침전지 전면부에 설치하면 Fig.22에서 보는바와 같이 정류벽을 통과하기 전에 다량의 플럭이 침전을 이루며 정류벽을 통과하면서 유속변화가 다시 시작하게 되므로 최종유출되는 침전지 말단에서의 유속분포가 정류벽을 설치하지 않은 경우에 비해 완만한 것을 알수 있다. 또한 정류벽으로 인해 플럭의 침전경로가 낮아지므로써 최종침전거리가 짧아지는 것을 알 수 있다. Fig.23에서는 Fig.22에 비해 정류벽에 도달하는 유속이 비교적 빨라짐으로써 정류벽에서 제거되는 플럭의 양이 감소하고 정류벽을 통해 시작되는 유속의 분포도 빠르게 시작되어지므로 플럭의 침전거리가 Fig.22에 비해 길어지고 상승되는 플럭의 양도 많아지게 된다. Fig.24에서도 역시 정류벽에 도달하는 유속이 빠르므로 정류벽에서 제거되는 플럭의 양이 더욱감소되며 정류벽을

지난 유속또한 증가하여 유출부에서의 플럭의 상승량이 많아지는 것을 알수 있다. 이러한 이유로 인해 정류벽이 침전지의 전반부에 설치하였을경우가 후반부에 설치한 경우보다 사전 플럭제거가 많이 이루어지고 침전지내 유속분포 또한 안정화 되어지므로써 향상된 탁도제거효율을 보이는 것이다.

## 6. 결 론

실험결과들을 종합하여 보면 기존의 침전지에 과도한 시설비를 투자하지 않고 정수처리능력을 향상시키기 위해서는 침전지내에 정류벽을 설치하는 것이 상당히 효율적인 것으로 나타났으며 정류벽을 설치할 경우 침전지의 중앙이나 후반부에 설치하는 것보다 침전지의 전반부에 정류벽을 설치하는 것이 탁도제거효율도 향상시킬뿐만아니라 본 연구를 실시하는 동안 조류가 발생하였을 경우에도 조류에 의한 영향을 최소화시킬 수 있었다. 기존에 침전지의 중앙과 침전지의 유출부에 가깝게 정류벽을 설치하여 운영하고 있는 정수장의 경우 유입부에 가깝게 새로운 정류벽을 설치하는 것이 침전지내 흐름을 안정화시키고 플럭도 침전지의 전반부에서 다량으로 제거되어짐으로써 정수처리능력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며 기존에 침전지의 전반부와 후반에 정류벽이 설치하여 운영하고 있는 정수장의 경우는 후반부에 설치되어있는 정류벽을 침전진 중앙으로 이동하여 설치하는 것이 침전지내 흐름도 안정화시킬 수 있고 플럭의 침전성도 좋아지므로 높은 탁도제거효율을 기대할 수 있다 하겠다.

## 감사의 글

본 연구는 G-7환경공학기술개발사업의 지원과제로 수행되었으며 연구비 지원에 깊은 감사를 드립니다.

## 7. 참고문헌

- Camp, Thomas, R. "Sedimentation and the Design of Settling Tanks". *Trans., ASCE*, Vol.111, No.895, pp.958, 1946.
- Hazen, S.P. & Culp, G.L. "Applying Shallow Depth Sedimentation Theory". *Journal AWWA*, Vol.59, No.9, pp.1134, 1967.
- Hazen, A. "On Sedimentation", *Trans, ASCE*, Vol.53, No.45, 1904.
- Hudson Jr., H. E., "Density Considerations in Sedimentation", *J. of AWWA*, Vol.64, No.6, pp.382~386, 1972.
- Humphreys, H. W., "Hydraulic Model Study of a Settling Basin", *J. of AWWA*, Vol.67, No.7, pp.367~372, 1975.
- Kawamura, S., "Pilot Studies of Mixing and Settling", in *Design of Pilot-Plant Studies Published by AWWA Seminar Proceedings, AWWA*, pp.25~48, 1982.
- 김 원만, 김 홍석, "침전지에서의 정류벽 구조에 관한 실험적 연구", *한국수질보전학회지*, 제 6 권, 제 2 호, 1990.