

정류공의 특성에 따른 정류벽의 정류효과

최 계운*, ○김 경환**, 김 현수***

1. 서 론

정수처리 시스템에서 침전공정은 중력의 힘을 이용하여 고체와 액체를 분리하는 가장 오래되고 간단한 수처리 방법이다. 침전지는 정수장 부지면적의 상당한 부분을 차지하고 있으며 전체적인 고액분리공정에서 다른 공정과 공동으로 고형물의 부하를 감소시키는 것이므로 침전지의 효율은 전체 공정의 효율에도 직접적인 영향을 주는 중요한 공정이다. 그러나, 침전지가 넓고 거대한 구조물로만 보이고 서적이나 설계기준 등에도 침전이론이 간략히 소개되어 있는 것은 침전공정의 중요성이 적은 것이 아니라 침전현상에 대한 이론 정립이 쉽지 않을 뿐만 아니라 흐름과 부유물질에 따른 변화가 매우 커 이를 정형화하기 쉽지 않기 때문이다. 침전지에서 부유물이 침전제거되기 위하여는 부유물질의 응집이 필요하며, 이때, 응집현상에 영향을 주는 인자들로써 pH, 입자의 크기, 입자의 분포 등이 있다. 침전지내 흐름은 여러 형태가 혼재되어 있어, 온도나 밀도차이에 의한 단락류나 사수부가 형성되기도 하며 유입부와 유출부의 형상에 따라 국부적인 난류가 발생하기도 한다. 또한 외부적인 요인으로는 바람이나 그림자에 의한 온도차이가 물의 흐름에 영향을 주기도 한다. 여러 가지 요인들로 인하여 발생하는 밀도류나 편류 등으로 인하여 발생하는 침전지내에서의 불규칙한 흐름이 교란되지 않고 유출구 방향으로 흐르도록 함으로써 입자가 안정되게 침강할 수 있는 침강역을 만들어 주고 침전지 말단에서 유출웨어를 통하여 청정한 상등수만을 취할 수 있도록 하기 위하여 침전지 유입부에 정류벽을 설치하게 된다.

현재 국내의 대부분의 정수장에서는 침전지 유입부에 정류벽이 설치되어 있으나 정류공의 크기나 형상보다는 정류벽내 물이 통과하도록 만든 공(孔)의 유수단면적에 대한 비율을 주로 규정하고 있으며 정류벽 총면적의 6% 정도를 표준으로 하고 정류벽공의 직경은 10cm 전후로 설치되어 있다. 본 연구에서는 기존 재래식 정수처리시스템의 Pilot Plant를 설치하여 형상 변화 및 유공을 변화에 따른 정류벽의 효율실험을 수행하였으며, 슬러지(Sludge)의 침전량, 침전지내 탁도변화 등을 통하여 그 변화를 분석하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구를 위하여 제작한 Pilot Plant는 그림 1과 같이 크게 유량조절조, 혼화지, 응집지 그리고 침전지로 구분된다. 유량조절조는 공급되는 원수의 수위동요를 안정시키고 원수량을 일정하게 조절하며, 혼화지는 G값에 따른 회전수를 가변 운용할 수 있는 V.S. Motor(Variable Speed Motor)를 설치하고 응집제 주입은 .다이아프램 정량펌프를 사용하였다. 응집지는 3단의 플러형성조로 나누어지며, 패들형 펄속교반기가 V.S. Motor로 운용되고 각각의 플러형성조는 정류벽으로 구분하

* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수

** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

*** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

여 주위 영향을 최소화하고 단락류를 방지하도록 하였다. 또한 침전지는 제류시간(HRT)을 약 2시간으로 하여 처리유량 12m³/day를 기준으로 조의 수심 1.0m, 용적을 1.254m³로 하였다.

Pilot Plant를 이용한 정류벽 효과 실험을 위하여 기존 형태의 정류공 형상을 가진 정류벽 1개와 개량된 2개 형태의 정류벽을 제작하여 실험을 실시하였다. 각각의 정류공 형상은 그림 2와 같으며 유공율의 변화는 일부 정류공의 개폐를 통하여 유공율을 조절하였다.

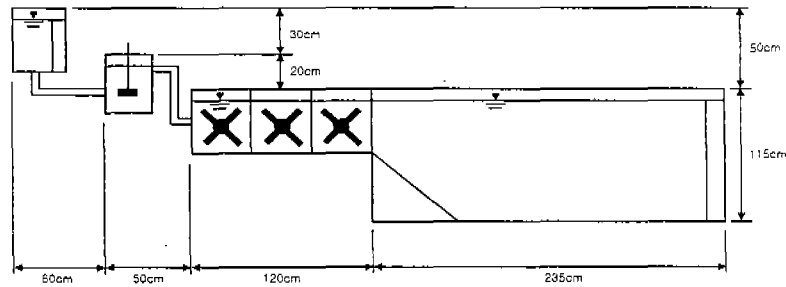
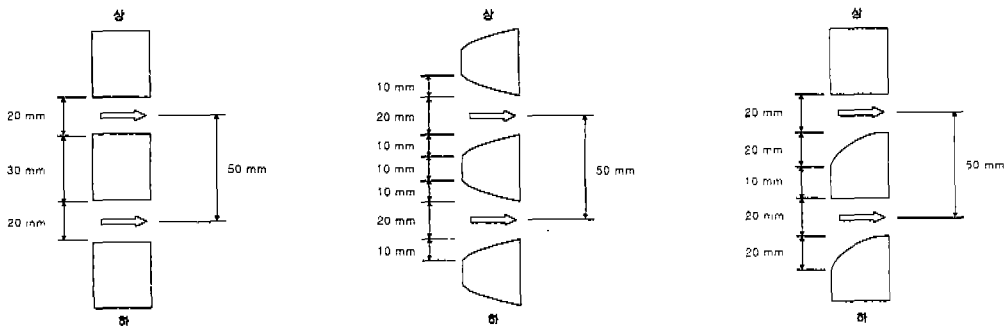


그림 1. Pilot Plant의 설치단면도



(1) 원형 정류공(Type A) (2) 양단 축소형 정류공(Type B) (3) 하단 축소형 정류공(Type C)

그림 2. 모형 정류벽의 정류공 형상의 변화

그림 2와 같이 원형 정류공(Type A)은 유입구와 유출구 직경이 같은, 현재 정수장에 설치되어 있는 정류벽의 정류공과 동일한 형상이며 모형 실험장치에서는 유입구와 유출구 직경을 2cm로 하였다. 양단 축소형 정류공(Type B)은 기존 정수장에서 사용중인 원형 정류공보다 유입구 직경을 확장한 것으로 모형 정류벽에서는 유입구 직경이 4cm이고 유출구 직경은 2cm이다. 하단 축소형 정류공(Type C)은 유입구 직경이 4cm이고 유출구 직경은 2cm로 양단 축소형 정류공과 유, 출입구 직경은 같으나 정류공 통과 후, 물의 흐름을 하향류로 유도하기 위하여 정류공의 하단이 축소된 형상을 이루고 있다.

최적의 정류효과를 도출하기 위하여 각각의 다른 정류공을 가진 정류벽을 동일한 유공율에서 슬러지 침전량, 침전지내 탁도변화 및 정류공 유출형상실험을 수행하여 정류효과를 분석하였다. 정류벽에서 유공율 변화에 따른 영향검토를 위하여 유공율을 4.5%, 6.3% 및 8.0%으로 변화시키고 동일한 실험을 수행하였다. 슬러지 침전량은 응집제인 PACS를 투입하면서 70시간 동안 8시간 간격으로 침전지내 슬러지 침전량을 지점별로 측정하여 정류벽에 의한 효과 분석자료로 활용하였다. 또한 4시간 간격으로 정류벽 이후의 탁도를 측정하여 슬러지 침전형상과 일치하는가를 비교하였다.

3. 실험결과의 분석

3.1 동일 유공율에서의 침전효율 비교

유공율을 6.3%로 동일하게 하고 Type A, B, C 및 Type D(Type C의 정류벽 하부 1/2을 폐쇄하고 상부 1/2의 유공율이 6.3%로 고정된 경우)의 4개 경우에 대하여 70시간 경과 후 측정된 최종 슬러지 침전량은 표 1과 같다. 표 1에서 보는바와 같이 Type A, B, C, D의 경우 최종 슬러지 침전량이 정류벽 직후에서는 각각 9.1cm, 8.7cm, 11.0cm 그리고 9.3cm이고 120cm 거리에서는 각각 5.2cm, 4.8cm, 6.5cm 그리고 5.2cm로 나타났다. Type A, B 그리고 Type D의 3개 경우는 그림 3 및 표 1에서 보는바와 같이 정류벽 직후와 정류벽으로부터 120cm 떨어진 거리에서 최종 슬러지 침전량에 큰 차이가 없었으며, Type D의 경우 20~80cm 지점에서 Type A, B보다 약 11.4% 가량 침전량이 많았다. Type C가 다른 3가지 경우보다 전체적으로 침전량이 많았으며 정류벽 직후에서는 약 17.9%, 120cm 지점에서는 약 13.4% 정도 침전량이 많았고 슬러지 경사도 각각 0.033, 0.033, 0.038 그리고 0.034로써 Type C의 슬러지 경사가 가장 크게 나타나 정류벽 직후에서 침전이 빠르게 일어나고 있음을 보여주고 있다.

표 1. 정류공의 형상에 따른 최종 슬러지 침전량

정류벽 이후 거리 (cm)	슬러지 침전량 (cm)			
	Type A	Type B	Type C	Type D
0	9.1	8.7	11.0	9.3
120	5.2	4.8	6.5	5.2

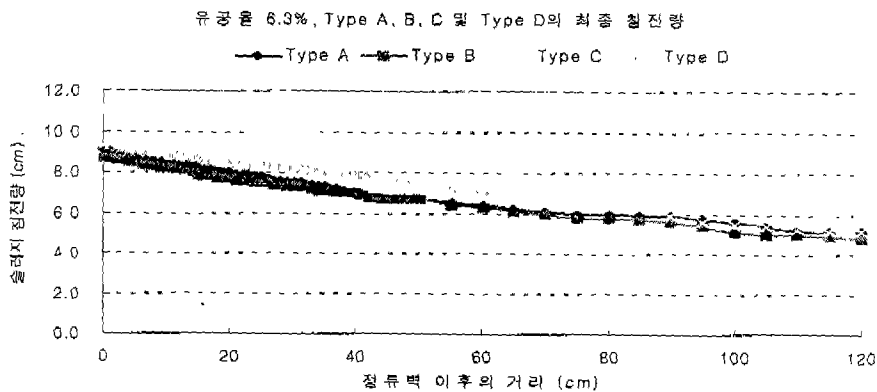


그림 3. 정류공의 형상에 따른 최종 슬러지 침전량 (70시간 경과 후)

침전지내 탁도분포는 공통적으로 정류벽 이후 거리가 증가함에 따라 탁도가 감소하였으며 Type A, B는 상반부가 하반부보다 높은 탁도를 보였다. Type D의 경우 그 차이가 더욱 크게 나타났다. Type C는 전 수심에서 균일한 탁도분포를 보여주었다. 정류벽 이후의 흐름방향실험에서는 사용된 형광액이 모든 경우에 정류벽 하반부에서는 하향류가 발생하였으며 Type A, B와 D의 경우 상반부와 중반부에서 상향류가 발생하였다. Type C의 경우 하향류가 발생되어 정류공이 침전시간을 단축시키는데 도움을 주는 것으로 나타났다.

3.2 유공율에 따른 침전효율 비교

Type C 형태의 정류벽내 유공율을 4.5%, 6.3% 그리고 8.0%로 변화시켜 슬러지 침전량과 탁도 변화를 측정하였다. 3개 경우의 70시간 경과 후 최종 슬러지 침전량은 그림 4 및 표 2와 같다. 표 2에서 보는바와 같이 정류벽 직후에서의 최종 슬러지 침전량은 각각 9.4cm, 11.0cm 그리고 11.5cm 이었으며 120cm 지점에서는 각각 6.3cm, 6.5cm 그리고 6.7cm를 나타내었다. 120cm 지점에서의 침전량은 3가지의 경우가 크게 차이가 없었지만 정류벽 직후에서는 유공율 6.3%, 8.0%인 경우가 4.5%인 경우보다 약 1.6~2.1cm 침전량이 많아 14.5~18.3% 가량 높은 침전효율을 나타내었다. 유공율 6.3%와 8.0%인 경우를 비교해보면 정류벽 직후 12cm까지는 유공율 8.0%일 경우가 침전량을 다소 많았으나 이후부터 110cm까지는 유공율 6.3%일 때가 많았다. 또한 슬러지 경사가 유공율 6.3%와 8.0%가 각각 0.038과 0.040으로써 유공율 8.0%인 경우 정류벽 효과가 더욱 크게 나타나고 있다.

표 2. 유공율 변화에 따른 최종 슬러지 침전량

정류벽 이후 거리 (cm)	슬러지 침전량 (cm)		
	유공율 4.5 %	유공율 6.3 %	유공율 8.0 %
0	9.4	11.0	11.5
120	6.3	6.5	6.7

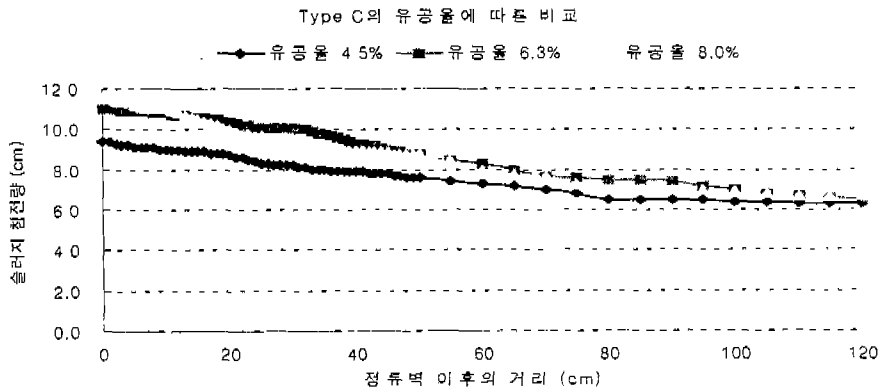


그림 4. 유공율에 따른 거리별 최종 슬러지 침전량 변화

침전지내 탁도분포는 공통적으로 정류벽 이후 거리가 증가함에 따라 탁도가 감소하였으며 유공율 4.5%의 경우 수심 중반부와 하반부에서 높은 탁도를 나타냈으며, 6.3%와 8.0%의 경우 전 수심에서 균일한 탁도분포를 보여주었다.

4. 결 론

본 연구에서는 침전지에서 사용하고 있는 기존의 원형 정류공 형태와 양단 축소형 정류공 그리고 하단 축소형 정류공 형태의 정류벽을 설치한 정수처리시스템의 Pilot Plant를 이용한 모형실험에서 각각의 정류공 형상과 유공율에서의 침전지내 슬러지 침전량, 탁도변화, 형광액을 이용한 정류공 통과 이후 유출형상실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째로, 최적의 정류공 형상을 도출하기 위하여 유공율을 6.3%로 동일하게 하고 형광액을 이용한 실험결과 원형 정류공과 양단 축소형 정류공에서는 수심의 하부만을 제외하고 정류벽 이후에 상향류가 발생하나 하단 축소형 정류공의 경우 전 수심에서 하향류가 발생하여 슬러지의 침전을 용이하게 함으로써 침전효율을 향상시킨다. 또한 정류벽 이후의 탁도변화를 살펴보면 원형 정류공과 양단 축소형 정류공에서는 정류벽 이후에 탁도분포가 수심에 따라 편중되어 있으나 하단 축소형 정류공에서는 보다 균일한 탁도분포를 보여줌으로써 정류효과가 향상되었음을 알 수 있었다.

둘째로, 70시간 경과 후의 슬러지 침전량을 보면 원형 정류공과 대칭 축소형 정류공의 정류벽 직후의 침전량이 각각 9.1cm, 8.7cm이나 비대칭 축소형 정류공의 경우 11.0cm로 침전효율이 약 17.9% 향상되었다. 따라서 기존의 정수장에 설치되어 있는 정류공의 형태와 같은 원형 정류공과 이것을 개량한 양단 축소형 정류공 그리고 하단 축소형 정류공 중에서 하단 축소형 정류공이 가장 침전효율이 높은 것으로 나타났다.

셋째로, 최적의 유공율에 따른 침전효율을 비교하기 위하여 4개 형태의 정류공중 침전효율이 가장 높게 나타났던 하단 축소형 정류공을 이용하여 유공율이 실험을 실시한 8.0%의 경우 급한 하향류에 의하여 침전효율이 향상되었다.

넷째로, 탁도변화에 따른 실험에서는 유공율을 4.5%, 6.3% 그리고 8.0%로 하여 정류벽 이후의 탁도변화를 살펴본 결과 유공율 4.5%의 경우 정류벽에서 거리가 증가함에 따라 하반부에서 높은 탁도를 보여 탁도분포가 균일하지 못함을 나타내나 유공율 6.3% 및 8.0%의 경우 전체적으로는 수심에 따라 탁도분포가 균일하게 나타났다. 그리고 70시간 경과 후의 슬러지 침전량은 유공율 6.3%와 8.0%인 경우가 4.5%인 경우보다 침전량이 약 1.6~2.1cm 많아 14.5~18.3% 가량 침전효율이 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Edzwald, J.K, Coagulation in Drinking Water Treatment : Particles, Organics and Coagulants, Wat. Sci. Tech., Vol. 27, No. 11, pp. 21~35, 1993
2. Frederic W. Pontius, Water Quality and Treatment, AWWA, McGraw Hill Co., pp. 276~277, pp. 367~425, 1990
3. Hudson, H. E. Jr, Water Clarification-Process, Practical Design and Evaluation, Van Nostrand Reinhold, New York, 1981
4. James M. Montgomery Consultant Eng. INC, Water Treatment Principles and Design, John & Sons, 1985
5. Kawamura S., Intergrated Design of Water Treatment Facilites, John Wiley & Sons, Inc, 1991
6. 건설기술연구원, 1992, "상수 수질향상을 위한 수처리 공정개선에 관한 연구"
7. 유명진, 조용모, "상수처리(정수의 기술)", 동화기술, 1996, pp. 78~89
8. 한국수도협회, 1997, "상수도시설기준", pp. 210~216
9. 한국수자원공사, 1991, "정수처리 능력 향상에 관한 연구(1차년도)", pp. 20~26
10. 한국수자원공사, 1992, "정수처리 능력 향상에 관한 연구(2차년도)", pp. 12~43
11. 한국수자원학회, 1998, "상수도 공학의 이론과 적용", pp. 265~315
12. 환경부, 1997, "기존 정수장 효율향상 기술", pp. 595~599