

## 이동식 정류장치를 이용한 횡류식 침전지 침전효율 개선 연구

조 영 만<sup>†</sup>

부산광역시 상수도사업본부 수질연구소

(2005년 3월 31일 접수, 2005년 7월 12일 채택)

### Improvement of Rectangle Sedimentation basin using the Moving Baffle

Young-Man Cho<sup>†</sup>

Water Quality Research Institute of Waterworks Headquarters, Busan Metropolitan City

**ABSTRACT** : Sedimentation is treated as the most important unit process in waterworks, and plays great role on turbidity removal efficiency. Rectangle sedimentation basin is the most widely accepted sedimentation process. But it has some problems with short-circuit flow and density flow caused by temperature and influent turbidity variation. To solve these problems, installation of rectification wall was suggested, but not generally fully accepted in field. Because hole of rectification wall cause jet flow. In this research, use of moving baffle was investigated. Moving baffle was designed to induce uniform velocity at every section of water flow. The baffle walls was made from soft fiber materials. The baffle walls with flow of sedimentation basin moves at same speed. It is like that it controls density flow and short-circuit flow and induce uniform velocity at every section of water flow in sedimentation basin. When moving baffle was operated retention time of sedimentation basin was extended to 1 hours. When it talked again and the effluent time of highest concentration of the chlorine ion from 100 minutes was extended to 160 minutes. Turbidity removal efficiency was tested with different operation modes(continuous and batch) with influent turbidity and retention time. It was revealed that turbidity removal efficiency can be improved up to 36%(continuous mode) and 58%(batch mode) respectively. Consequently if moving baffle introduces in Rectangle sedimentation basin, it forecasts that the turbidity improvement above 30% will be possible.

**Key Words** : Moving Baffle, Retention Time, Short Circuiting Flow, Density Flow

**요약** : 장방형 횡류식 침전지는 정수 공정에서 일반적으로 활용되고 있는 침전지 형태로 정수공정 전체에서 탁질 제거 비중이 가장 큰 매우 중요한 공정이다. 횡류식침전지는 유입탁도, 수온 등의 변화에 의해 단락류와 밀도류가 발생하게 되는데 이런 문제점을 해결하기 위해 지내 정류벽을 설치하는 방안이 제안되기도 했지만 정류공에서 발생하는 제트류 등의 문제로 인해 실제 적용사례는 없는 실정이다. 본 연구는 침전지의 전단면에 수류가 일정하게 흐르도록 유도할 수 있는 이동식정류장치에 관한 연구이다. 이동식 정류장치는 부드러운 천 재질의 정류벽이 침전지 전단면에 거쳐 수류의 흐름과 동일한 속도로 이동하면서 침전지내에서 발생될 수 있는 밀도류와 단락류를 조절하여 침전지내 수류 흐름을 전단면에서 일정하게 유도하는 장치이다. 이동식 정류장치를 가동한 결과 침전지 체류시간이 1시간 연장되는 효과를 나타냈다. 즉 다시 말해 염소 이온 최고농도 유출시간이 100분에서 160분으로 연장되었다. 탁도 제거율 시험은 원수 탁도와 체류시간 변화에 따라 연속식과 회분식으로 각각 시험하였다. 탁도 개선율은 연속 운전 방식에서 36%, 회분식 운전 방식에서 58%를 각각 나타냈다. 따라서 장방형 횡류식 침전지에 본 연구에서 제안한 이동식 정류장치를 도입할 경우 30% 이상 탁도 개선이 가능할 것으로 판단된다.

**주제어** : 이동식정류장치, 체류시간, 단락류, 밀도류

## 1. 서론

정수처리에서 침전 공정은 탁질 제거량과 제거율의 비중이 가장 높은 핵심공정으로 여과와 고도정수처리, 소독 등 후속 공정에 직접적인 영향을 주어 전체 정수처리 공정의 효율을 좌우하는 중요한 공정이다. 여과수 탁도는 침전지 월류 탁도에 크게 영향을 받게 되기 때문에 정수 탁도를 낮추기 위해서는 침전지의 월류 탁도를 안정적으로 관리하

는 것이 무엇보다 중요하다. 정수탁도가 높을 경우 소독처리를 방해하고 병원성 미생물에 영양물과 피난처를 제공할 수 있기 때문에 정수 탁도는 미생물적 안전성의 지표로서 공중보건차원에서 정수장의 최적화 판정의 중요한 판정기준이 되고 있다.

개수로 형태인 장방형횡류식 침전지는 수로면 3면에 작용하는 마찰 손실 때문에 수표면 바로 아래쪽에 강한 표층류가 형성되고 이와 같은 편류가 침전지의 체류시간이나 수면적 부하를 저하시켜 침전효율을 떨어뜨리게 된다. 이와 같은 문제를 개선하기 위해 침전지내 고정식 정류벽을 설치하자는 주장이 제기되기도 하지만 이는 정류공에서 발생하는 Jet류에 의한 Floc의 파괴와 정체부 형성 등과 같은

<sup>†</sup> Corresponding author  
E-mail: cho1221@metro.busan.kr  
Tel: 055-323-4717 Fax: 055-323-4719

여러 가지 문제점 때문에 실제 적용이 어려운 실정이다.

본 연구는 침전지의 단락류와 사구간(dead zone)을 근본적으로 해결하기 위한 이동식정류장치에 관한 연구이다. 이동식정류장치는 부드러운 섬유 재질의 정류판을 모터의 동력에 의해 침전지 수평 유속과 같은 속도로 침전지 전단면을 따라 이동하면서 단락류 등 불균등 수류를 조정하여 침전지 전단면으로 등속의 수류 흐름이 되도록 유도하는 장치이다. 따라서 불균등 수류가 개선되면 침전지의 체류시간 연장뿐만 아니라 수면적 부하를 감소시키는 효과를 가져와 침전효율 크게 향상시킬 수 있는 새로운 개념의 정류장치이다.

## 2. 실험장치 및 방법

실험 장치는 부산시상수도사업본부 강서사업소 약품실 내에 설치하였으며 취수와 약품투입, 혼합 공정까지는 동사업소의 시설을 이용하였고 Floc형성지와 침전지를 갖춘 실험 장치는 Fig. 1과 같이 제작하여 실험하였다. 강서사업소 취수구는 낙동강 하구둑 7.1 km 상류에 위치하고 혼화기는 터빈형이고 체류시간은 8분이며 교반강도는 약 150 rpm 정도 값으로 운전되었으며 기타 조건은 Table 1과 같다.

탁도는 HACH 2100N turbidimeter를 사용하여 측정하였고 염소이온 시험은 질산은 적정법으로 측정하였다. 실험 방법은 염소이온을 이용하여 침전지 수류 흐름을 평가하였

Table 1. Experimental conditions and equipments

process	operation Parameter
raw water	Upper 7.1 km at Nakdong river hagu
chlorination	Liquid chlorine 3 ppm
rapid mixing	HRT 8 min, G: 150 s <sup>-1</sup>
flocculation basin	HRT 50 min, G : 20 s <sup>-1</sup>
sedimentation basin	50 cm*220 cm*60 cm (W*L*H) HRT : 3.7 hr
moving baffle width	50*60 cm
moving baffle motor	1/4HP

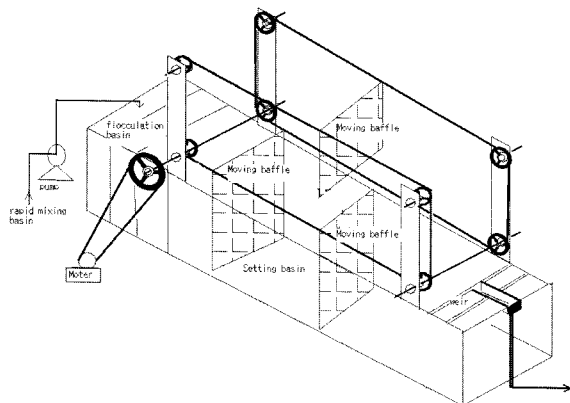


Fig. 1. Schematic of the moving baffle.

다. 정류장치를 사용하지 않은 경우, 침전지 중간지점(90 cm)을 통과하는 염소농도를 수심 10 cm, 30 cm, 50 cm 지점과 월류수에서 측정하였고, 같은 방법으로 이동식정류장치를 가동한 경우와 비교 실험하여 정류장치의 정류 효과를 확인하였다.

또한 이동식정류장치를 가동하기 전과 후의 월류 탁도를 원수탁도 변화와 체류시간 변화별로 시험하였다. 이동식정류장치의 가동방법은 이동식정류장치를 침전지내수의 수평 유속과 같은 속도로 일정하게 운전하는 연속식운전방식과 침전지내수를 유입-정치를 반복하는 회분식 운전방식 두가지로 나누어 시험하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 정류장치 가동에 따른 수류 흐름 변화

침전지의 수류 흐름을 염소이온 농도를 통해 실험한 결과 Fig. 2와 같이 침전지 중간지점인 90 cm 지점의 수심 10 cm에서 최고농도 통과시간은 50분이었고 30 cm에서는 70분, 50 cm에서는 100분으로 수표면 쪽으로 유속이 가장 빠른 전형적인 개수로 흐름을 나타냈다. 이 결과는 일반적으로 횡류식 침전지의 수류 흐름 시험<sup>1)</sup>과 유사한 결과로 침전지의 전단에서는 주로 표층류가 주흐름을 형성하는 것을 알 수 있다.

횡류식 침전지내 수류는 바닥과 양측면의 3면 마찰 저항을 받게 되므로 마찰 손실에 의한 에너지 손실은 불가피하며 이와 같은 유속 감소가 부분적으로 수표면 중앙의 유속을 빠르게 하는 원인이라 할 수 있다. 침전지의 수표면으로 유속이 빠르다는 사실로부터 횡류식 침전지의 체류시간 연장과 탁질 제거 효과를 높이기 위해서는 표층류를 개선시키는 것이 침전지 효율 증진의 중요한 관건으로 대두된다. 이동식 정류장치를 침전지의 수평유속과 동일한 1 cm/min 속도로 운전하면서 침전지의 수류 흐름 변화를 월류수 염소이온 농도를 측정하여 실험한 결과 Fig. 3과 같이 정류장치를 사용하기 전보다 염소이온 최고점 유출시간이 크게 연장되었다.

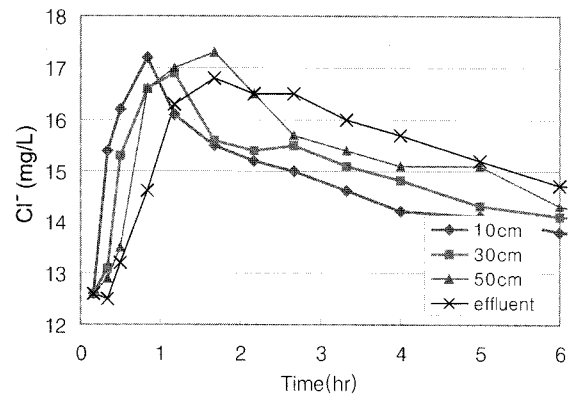


Fig. 2. Variation of Cl<sup>-</sup> concentration with time; without moving baffle.

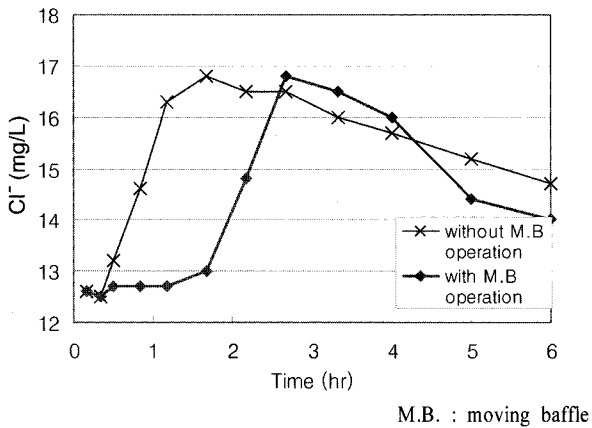


Fig. 3. Variation of Cl<sup>-</sup> effluent concentration with time and with moving baffle.

이 같은 결과는 정류관이 수평유속과 동일하게 이동하면서 침전지에서 발생하는 수평 방향의 표층류를 조정하여 침전지 단면에 균일한 속도 분포를 유도했기 때문이라고 사료된다. 정류장치를 사용하기 전의 최고농도 유출 시간이 100분이었으나 정류장치를 가동 후 최고 농도 유출시간이 160분으로 연장되어 체류시간이 약 1시간 정도 지연된 것으로 나타났다.

본 실험 침전지 이론적 체류시간 3.7시간과 정류장치 가동전 평균체류시간 1.7시간을 비교하면 용량효율은 1.7/3.7인 46% 정도이며 정류장치를 가동한 후 평균체류시간 2.7시간을 비교하면 2.7/3.7로 73%로 증가했음을 알 수 있다. 정류장치를 가동하기 전과 가동 후의 용량 효율은 약 27% 정도 향상된 것이다. 횡류식 침전지에서 용량효율을 향상은 바로 체류시간의 증가와 같은 의미로 침전지내 응집성 Floc 침강성 개선을 의미한다 할 수 있다.

3.2. 연속 운전

3.2.1. 원수탁도에 따른 유출수 탁도 변화

실험은 침전지 유입 유량을 3 (L/min)으로 고정시키고 9, 13, 19, 25 NTU로 탁도가 변하는 경우에 대해 이동식 정류장치를 가동하기 전과 후에 대해 침전지 월류수 탁도 변화를 비교 실험하였다. 응집제는 폴리유기황산알루미늄마그네슘(PSOM) 33-40 ppm, 전염소 3 ppm이었다.

실험 결과 탁도 변화에 따른 제거율 변화는 미미하였으며 이동식정류장치 가동 전에 비해 가동 후 월류수 탁도 제거율이 평균 35% 개선되었다. 이와 같은 결과는 수류 흐름 실험에서 이동식 정류장치를 가동한 경우 Fig. 2와 Fig. 3 수류흐름 실험에서 확인된 바와 같이 체류시간이 1시간 연장되는 효과가 바로 침전 개선에 직접적으로 영향을 미친 결과로 사료된다. 횡류식 침전지에서 Floc은 수평, 수직 방향의 유속차에 의한 충돌로 성장이 이루어지기 때문에 탁질 제거율은 체류시간이 증가할수록 향상되는 것이다.

횡류식 침전지에 대한 기존의 연구는 침전지의 침전 효율을 증진시키기 위해서는 침전지내의 바닥류보다는 표층류를 개선하는 것이 보다 효과적이라는 것을 보여주고 있다.<sup>1)</sup>

이와 같은 맥락에서 이동식 정류장치는 Fig. 4처럼 표층류의 강한 유속을 아래쪽으로 분산시켜 균일한 유동을 유도함으로써 침전지 전체 단면에 균등한 유속 분포를 유도하고 용량효율을 증가시키며 아울러 탁도 개선 효과를 가져온 것으로 사료된다.

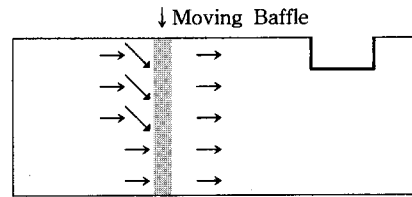
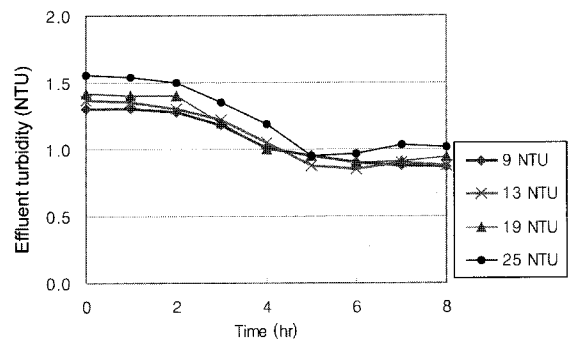


Fig. 4. Schematic of hydraulic profile with moving baffle. (continuous operation).

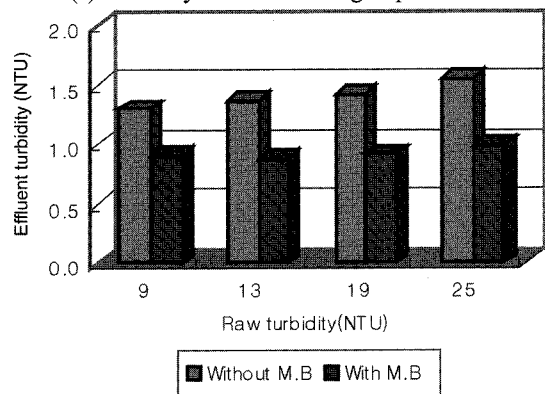
Table 2. Effluent turbidity variation by influent turbidity (continuous operation)

Raw water turbidity (NTU)	Without Moving baffle op. (NTU)	With Moving baffle op. (NTU)	improvement ratio(%)
9	1.3	0.9	30.8
13	1.37	0.88	35.9
19	1.42	0.93	34.9
25	1.56	0.99	36.4

\*Moving speed of Moving baffle 1 cm/min



(a) Turbidity variation during experiments



(b) Turbidity comparison between without and with moving baffle operation

Fig. 5. Effluent turbidity according to influent turbidity (continuous operation).

3.2.2. 체류시간에 따른 유출수 탁도 변화

유량은 침전지의 설계 유량인 3(L/min)의 1/2, 1, 2배의 수량으로 체류시간을 달리하면서 실험한 결과 Table 3과 Fig. 6과 같이 설계유량에서 이동식정류장치를 가동하기 전 탁도 2.06 NTU에서 정류장치 가동 후에는 1.66 NTU로 약 35% 탁도 개선효과를 나타냈고 설계유량의 1/2인 경우는 정류장치 가동전 탁도 0.75 NTU에서 가동후 0.67 NTU로 개선율은 약 11%로 낮았다. 또한 설계유량의 2배인 경우에는 탁도개선율이 약 20%로 나타나 전체적으로 설계유량에서 탁도개선율이 가장 높게 나타났다.

3.3. 회분식 운전

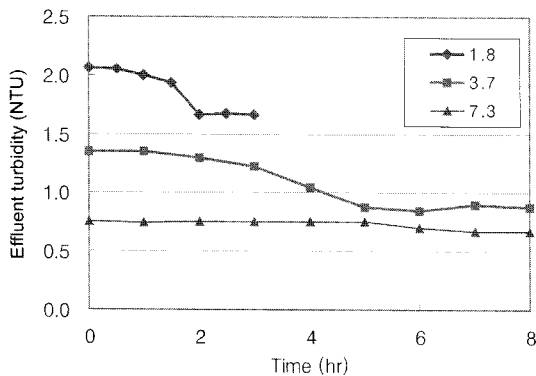
3.3.1. 원수탁도에 따른 유출수 탁도 변화

침전지 회분식 운전은 유입-정지-유입-정지를 반복하는 운

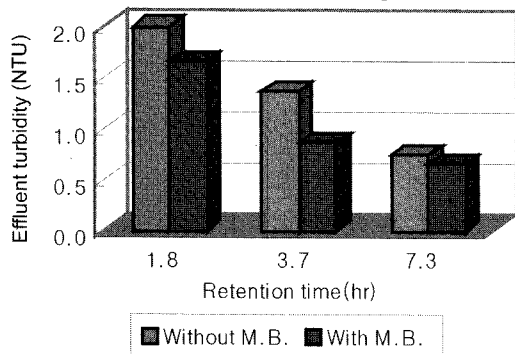
Table 3. Effluent turbidity variation by retention time (continuous operation)

R.T. (hr)	Flow Volume (L/min)	Moving speed of M.B. (cm/min)	Without M.B. op. (NTU)	With M.B. op. (NTU)	improvement ratio (%)
1.8	6	2	2.06	1.66	19.4
3.7	3	1	1.35	0.88	34.8
7.3	1.5	0.5	0.75	0.67	10.7

\*M.B : moving baffle, op. : operating, R.T. : Retention time



(a) Turbidity variation during experiments



(b) Turbidity comparison between without and with moving baffle operation

Fig. 6. Effluent turbidity according to retention time (continuous operation).

영 방식으로 설계유량을 일정하게 생산하는 연속운전과 동일한 생산량을 확보하기 위해서는 정지시간 동안 생산하지 못한 수량을 보충하기 위해 유입시에 설계유량의 2배의 유량을 유입시켰다. 이동식정류장치의 가동은 정지 시에는 침전지내에 멈추어 있고 침전수 유입시에 침전수와 함께 이동하는 방식으로 운전하여 정지가 끝난 침전수를 유출시키고 유입수가 침전수와 섞이지 않도록 하는 동시에 유입수의 균등 수류 흐름을 유도하는 역할을 한다. 이동식 정류장치의 가동 시간은 정류관이 움직일 수 있는 거리가 침전지 전단에서 월류 웨어 전단까지로 유입시간과 정지시간은 각각 90분으로 하였다.

원수 탁도 10, 13, 20 NTU에서 이동식정류장치를 가동하기 전 침전지 월류수 탁도와 침전지를 정지(정류장치 멈춤)-유입(정류장치 가동) 반복하는 회분식 운전 방식으로 전환했을 때 월류수 탁도를 비교 평가하였다. 실험 결과 탁도 변화의 차이는 미미하였고 정류장치를 가동하기 전보다 회분식으로 운전한 후의 탁도 개선효과는 약 57% 높게 나타났다. 이와 같이 탁도 개선 효율인 높은 것은 Fig. 7과 같이 정지시에 완전히 수류 흐름이 정지된 이상적인 조건에서 침강이 이루어지기 때문이며 또한 침전수 유입시에는 이동식 정류장치가 가동되면서 침전수와 유입수의 섞임을 막고 정지가 완료된 침전수를 효과적으로 유출시켰기 때문인 것으로 사료된다.

정지상태에서 침강된 Floc은 운전 시에는 유량이 2배로 유입되기 때문에 월류 부하의 증가로 재 부상할 우려가 있을 수 있다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 운전 초기보다 후반으로 갈수록 월류 탁도가 증가하는 것은 월류부하 증가에 따른 Floc의 재부상 효과라고 사료된다.

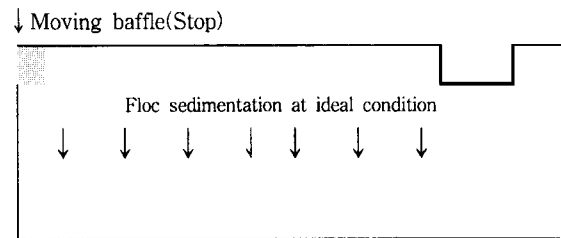
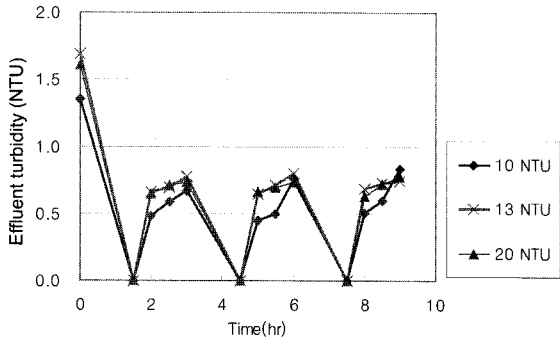


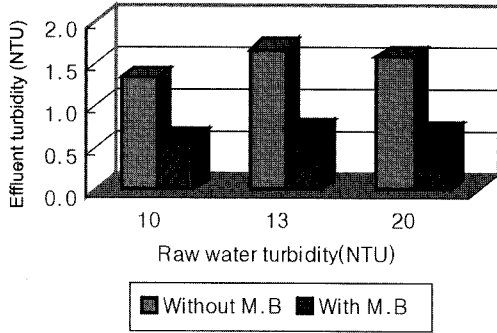
Fig. 7. Schematic of hydraulic profile with moving baffle (batch operation).

Table 4. Effluent turbidity variation by influent turbidity (batch operation)

Raw water turbidity (NTU)	Moving speed of Moving baffle (cm/min)	Hold time (min)	Operation time (min)	Without Moving baffle op. (NTU)	With Moving baffle op. (NTU)	improvement ratio (%)
10	2	90	90	1.35	0.60	55.6
13				1.69	0.72	57.5
20				1.61	0.70	56.3



(a) Turbidity variation during experiments



(b) Turbidity comparison between without and with moving baffle operation

Fig. 8. Effluent turbidity according to influent turbidity (batch operation).

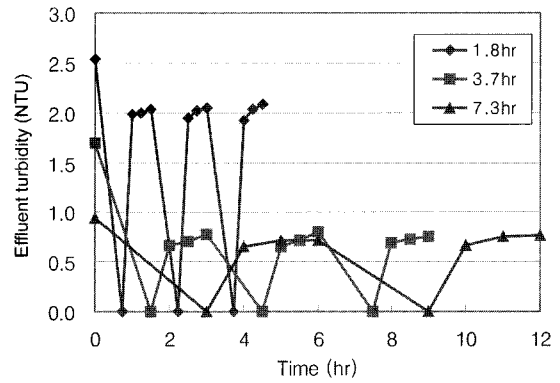
3.3.2. 체류시간 변화에 따른 침전 개선 효과

체류시간 변화에 따른 실험은 침전지의 설계 유량인 3 (L/min)의 1/2, 1, 2배의 수량으로 실험하였다. 실험 결과 설계 유량에서 개선율이 57.5%로 가장 높았고 설계 유량보다 적은 유량에서 개선율이 25% 설계 유량보다 2배 많은 유량에서도 개선율이 21%로 낮았다.

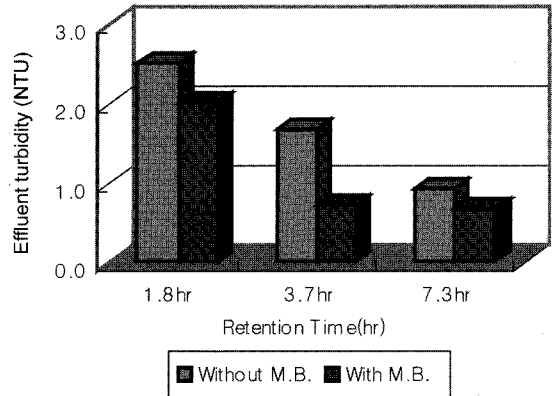
유량이 1/2로 적어지면 침전타도가 낮아지고 타도가 낮아질수록 개선율은 작아지는 것으로 판단되며 설계 유량의 2배인 조건에서 운전하면 연속 운전시와 마찬가지로 Floc 성장 미흡, 슬러지의 재부상 등의 부하량 증가에 따른 문제가 개선율을 낮추는 주요인으로 판단된다.

3.4. 연속운전과 회분식 운전의 비교

연속 운전과 회분식 운전 모두 원수 탁도 변화에 따른 침전수 탁도 변화는 크지 않았으나 이동식정류장치의 가동에 따른 탁도 개선율은 Fig. 10(a)와 같이 연속 운전시 35%



(a) Turbidity variation during experiments



(b) Turbidity comparison between without and with moving baffle(M.B) operation

Fig. 9. Effluent turbidity according to retention time (batch operation).

이었고, Fig. 10(b)와 같이 회분식 운전시 56.5%로 회분식 운전이 연속운전보다 21.5% 효율이 높게 나타났다. 이는 전술한 바와 같이 회분식 운전은 침전지 수위가 정지된 이상적인 조건에서 플록이 침강하기 때문에 연속식보다 침전 탁도 개선 효과가 큰 것으로 판단된다.

원수 유입 유량의 변동에 따른 정류장치의 침전 탁도 개선 효과를 비교 분석할 결과 연속 운전보다 회분식 운전이 효과가 컸다. 유량은 설계유량인 3(L/min)에서 효율이 가장 높았는데 연속 운전시에는 34.8%이었고 회분식 운전에서는 57.5%로 연속운전보다 22.7% 개선율이 높게 나타났다.

회분식으로 운전할 경우 정치시 충분한 침강효과와 월류시 침전 Floc의 재부상을 최소화 하기 위해서는 플럭형성지의 플럭 성장이 충분하도록 적절한 체류시간과 교반강도

Table 5. Effluent turbidity variation by retention time (batch operation)

Retention time(hr)	Production volume (L/min)	Operating		Retention time (min)	Operating time (min)	Without M.B operation (NTU)	With M.B operation. (NTU)	Improvement ratio(%)
		Influent volume (L/min)	M.B Moving speed (cm/min)					
1.8	6	12	4	45	45	0.97	0.70	25.2
3.7	3	6	2	90	90	1.69	0.72	57.5
7.3	1.5	3	1	180	180	2.54	2.0	21.0

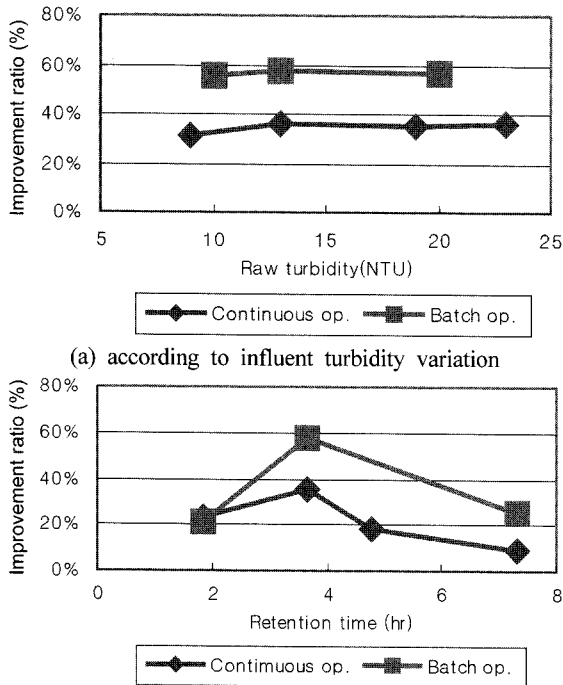


Fig. 10. Comparison of Improvement ratio of turbidity between continuous and batch operation of moving baffle.

를 유지시켜주어야 하며 월류웨어의 월류부하 역시 가능한 적게 해주어야 한다.

이동식 정류장치의 연속식 또는 회분식의 운전방식을 선정하는 기준은 플럭형성지의 체류시간이 충분하고 월류 부하율이 작으면 회분식으로 운전하는 것이 유리하고 플럭형성지의 체류시간이 불충분하고 웨어 월류부하가 큰 경우에는 연속식으로 운전하는 것이 바람직하다고 판단된다.

### 5. 결론

이상의 연구에 의하여 아래와 같이 중요한 결론을 토출할 수 있었다.

1) 침전지 수류 흐름 시험에서 이동식정류장치를 가동하기 전의 침전지 최고농도 유출 시간이 100분이었으나 이동식정류장치를 가동 후 최고 농도 유출시간이 160분으로 연장되어 침전지 체류시간이 1시간 연장되는 효과를 나타냈

으며 용량효율을 비교하면 약 30% 용량 증대 효과이다.

2) 이동식 정류장치를 연속식과 회분식으로 각각 비교 실험한 결과 체류시간 변화 실험에는 침전조 설계 체류시간인 3.7시간에는 개선율이 가장 양호했고 탁도 변화 실험에서는 연속식 운전시 탁도제거율은 36%, 회분식 운전에서는 58%의 탁도 개선율을 보였다.

3) 원수 탁도에 따른 유출수 탁도 변화 실험에서 연속식과 회분식 운전 모두 원수 탁도 9-23 NTU에서 유출수 탁도가 1 NTU 이하로 안정적 처리가 가능하였다.

4) 체류시간에 따른 유출수 탁도 변화 실험에서는 3.7시간 이상에서는 월류수 탁도가 1 NTU 이하로 안정적으로 유지되었으나 1.8시간에서는 연속식인 경우 1.7 NTU, 회분식인 경우 2.0 NTU로 다소 악화되는 경향을 보였으나 이동식 정류장치를 가동하지 않은 경우 탁도인 연속식 2.06 NTU, 회분식 2.54 NTU에 비해서는 약 20% 개선 효과가 있었다.

### 참고문헌

1. 최계운 “침전지내 구조물 설치에 따른 흐름변화 및 침강성 영향,” 수처리기술, 10(3), 65 ~ 74(2002).
2. Sanks. R. L., Water Treatment Plant Design, Ann Arbor Science, pp. 156 ~ 158(1979).
3. 宇野昌 “횡류식내경사관식침전지의 이론적설계”, 공업용수, 162, 41 ~ 52(1972).
4. Camp, T, R., “Sedimentation and the Design of Settling Tank,” *Int. J. Geomech.*, 111(2285), 895 ~ 958(1946).
5. Ingersoll, A, C., Mckee, J, E., and Brooks, N. H., “Fundamental concepts of rectangular settling tanks,” *Int. J. Geomech.*, 2837, 1179 ~ 1204(1970).
6. Kavamura, S., “Hydraulic scale model simulation of the sedimentation process,” *J. AWWA*, 73(7), 372 ~ 379(1981).
7. Hudson Jr, H. E., “Density considerations in sedimentation,” *J. AWWA*, 164(6), 382 ~ 386(1972).
8. Moursi, A. M., Mccorquodale, J. A., and Ibrahim S, El-Sebaky, “Experimental Studies of Heavy Radial Density Currents,” *J. Environ. Eng.*, 121, 9202 ~ 929(1995).
9. Bernardo, L. D. and Giorgetti, M. F., “The use of a perforated baffle at the inlet of rectangular settling basins,” *J. AWWA*, 72(9), 528 ~ 533(1980).