

정수장 플록형성지의 수리학적 특성과 교반강도가 플록형성 효율에 미치는 영향

정용준 · 민경석[†]

경북대학교 환경공학과

Effect of Hydraulic Property and Mixing Intensity of Flocculation Basin on Flocculation Efficiency in Water Treatment Plant

Yong-Jun Jung · Kyung-Sok Min[†]

Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University

(Received 16 September 2004, Accepted 28 January 2005)

Abstract

The main purpose of the flocculation process is to make flocs bigger to be removed easily in the following processes. The flow pattern and mixing intensity have a great influence on flocculation. In this study, the flow pattern was examined by a hydraulic tracer-test, where 3 water treatment plants having 800,000 m³/d, 44,000 m³/d and 40,000 m³/d were employed. Also, the settling test was conducted to find out the relationship between the mixing intensity and the settling ability of flocs.

The hydraulic tracer-test was conducted for the various flocculation processes that have different structures of flocculation basins. In the result, the retention time distribution (RTD) curves for the flocculation processes were quite different. In case of the inappropriate structure of the flocculation basin, the flow is not even so that the floc does not grow enough.

To find out the relationship between mixing intensity and settleability of flocs, G-values were calculated and the settling test was conducted for two flocculation basins which have the same conditions except the G-value. For the flocculation basin with uneven G-value, the floc settleability was revealed poor. On the other hand, the flocculation basin with even G-value, the settleability was better than the previous one.

From these experimental results, it is confirmed that the flow pattern is closely related to the structure of the flocculation basin and the settleability is affected by mixing intensity. Therefore the flow pattern and the strength of the mixing intensity should be examined sufficiently to design and operate flocculation basin.

keywords : Water treatment plant, Flocculation, Tracer-test, Flocculation strength, Settling test

1. 서론

플록형성이란 급속혼화지에서 유입원수와 응집제를 급속히 분산시킨 후, 입자의 충돌속도를 가속시킴으로써 전기적으로 불안정화 된 콜로이드 입자를 침전성 또는 여과성이 있는 크기의 입자로 뭉치게 하도록 천천히 혼화시키는 과정이다(한 등, 1991). 플록형성지의 운영에 있어서 전체 플록들이 동일한 체류시간을 가지게 하는 것과, 플록형성지의 전 영역에 걸쳐 균일하게 혼합되도록 유지하는 것은 아주 중요한 요소이다. 플록은 일정한 체류시간을 거쳐 물리적 충돌을 통하여 더 크게 성장되어야 하지만, 일부 플록들은 단회로(Short circuit)를 거쳐 빠르게 플록형성지를 빠져나오고, 일부는 사영역(Dead space)에 의해 지연되어 유출될 경우, 균일한 플록의 크기 및 침강성을 구할 수 없게 된다.

이러한 흐름의 불균형으로 발생한 플록의 불균일성은 후속의 침전공정이나 여과공정에서 안전한 처리를 보장할 수

없게 하므로, 플록형성지에 대한 효율적인 설계나 운영을 위해서는 수리학적 흐름의 특성을 파악하는 것이 아주 중요한 요소라 할 수 있다. 플록형성지에서는 침전가능한 플록을 형성하기 위하여 보통 20~40분간 교반을 실시하면서 수류 운동으로 플록을 충돌시켜 크게 하는데, 이때 교반의 정도를 나타내는 지표로 교반강도(G)값을 주로 사용한다. G값의 경우 입자가 서로 충돌할 수 있도록 하는 물리적 힘과 관련되므로 교반 강도가 너무 강하면 플록이 깨어질 수 있고, 반대로 너무 약하면 입자간 충돌을 충분히 유도해낼 수 없다. 그러므로 대부분의 정수장에서는 급속혼화지에서 나온 유입수가 플록형성지로 유입된 초기에는 교반을 강하게 하지만, 이후 단계에서는 점차로 교반강도를 약하게 하는 Tapered flocculation 방법을 사용한다(한, 1996).

Kawamura(한 등, 1991)는 다단의 기계식 플록형성지에서는 점감식의 교반강도가 이루어지도록 하였는데, 이는 후단부에서 충분히 성숙한 플록의 깨짐을 방지하기 위한 것으로, 만약 점감식 운영이 되지 않는다면 플록이 깨어질 가능성이 있는 것이므로 설계나 운전에서 교반강도를 적정수준에서 유지하는 것은 플록형성에 있어서 아주 중요한 요

[†] To whom correspondence should be addressed.

kmin@knu.ac.kr

소라 할 수 있다. 또한 기존 정수장의 혼화지 설계에서도 주로 혼화지의 구조물과 구조물에 가해지는 힘의 정도와 방식과 같은 물리적인 인자로 한정될 수 밖에 없기 때문에 교반강도 위주의 설계가 유지되고 있다(이 등, 1998).

따라서 본 연구에서는 플록형성에 있어 수리학적인 흐름 특성과 교반강도를 가장 중요한 인자로 간주하고, 종합개선 프로그램(Composite Correction Program, CCP)기법을 도입하여 실제 정수장을 진단할 당시에 제기되었던 문제점들 가운데, 각기 다른 형태의 플록형성지로 운전되는 실제 정수장들을 대상으로 추적자 실험, G값 평가 및 플록의 침강성을 확인하여 응집효율에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 시설현황 및 실험방법

2.1. 대상 플록형성지의 구조 및 시설현황

본 연구에서 조사 대상으로 한 정수장들의 플록형성지를 Fig. 1과 같이 정류벽, 평면도 및 측면도의 순서로 나타냈다. Table 1에는 플록형성지의 설계용량 및 체류시간을, Table 2에는 각 정류벽의 수리학적 특성을 요약하였다.

M정수장(일처리용량: 800,000 m³/일)의 플록형성지는 하나의 계열이 8지로, 두 개의 계열 즉 전체가 16지로 구분되어 있으며, 각 지는 다시 3개씩 독립적으로 운영되는 9조로 구성되어 있다. 개별지에서는 다시 3단 점감식의 플록형성조를 가지며, 각각의 플록형성조에는 4개의 경사진 날개를 가진 입축터빈형의 플록큐레이터가 가동되고 있다. 또한 3단으로 정류벽의 정류공이 단일 오리피스로 되어 있으며, 각단의 정류벽간에는 상하우류식으로 연결되어 있다.

K정수장(일처리용량: 44,000 m³/일)의 플록형성지는 전체 3지로 구성되어있으며, 한 지는 다시 2개의 개별 플록형성지로 분리되는데, 개별지에는 수직패들형 응집기가 가동되고 있는 2단 점감식 구조를 가진다.

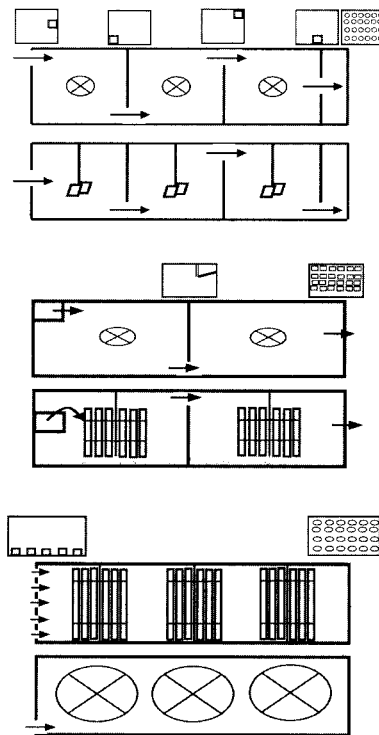


Fig. 1. Lay out of 3 different types of flocculation basins.

D정수장(일처리용량: 40,000 m³/일)의 플록형성지는 전체 2지로, 각 지는 플록형성지내에 정류벽이 없는 단일 플록형성지로 구성되어 있으며, 각 플록형성지는 수로 길이 방향으로 3단 점감식의 수평패들형 응집기가 가동되고 있다.

K 정수장의 경우 최종 유출부 정류공의 개구비가 아주 크고, 정류벽 전단면에 대하여 균일하게 분포되어 있지 않다는 것과, D 정수장에는 수평축으로 구성된 플록큐레이터 패들이 3단 모두 시계 방향으로 균일하게 움직이고 있다는 점들이 주목할 만 하다. 또한, M 정수장의 경우 동일한 구

Table 1. Design parameters of 3 flocculation basins

Items	M WTP *	K WTP	D WTP
Shape (each compartment)	5.8 m(W) X 4.8 m(L) X 5 m(H) X 3 EA	4.8 m(W) X 4.8 m(L) X 3.7 m(H) X 2 EA	10 m(W) X 11.7 m(L) X 3.5 m(H)
Volume (m ³)	417.6	170.5	409.5
Retention time (min) (for designed flow rate)	35	37	30

* WTP: Water Treatment Plant

Table 2. Hydraulic properties of rectification wall baffle

Items	Baffles	M WTP					K WTP		D WTP	
		Inf	#1	#2	#3	Eff	#1	#2(Eff)	Inf	Eff
Area of the orifice (m ²)		0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	1.04	5.93	2.4	0.59
Area of the whole baffle (m ²)		29	29	29	29	29	25.2	27.4	35	35
Area portion of the orifice Channel (%)		2.26	2.26	2.26	2.26	2.24	3.77	21.6	6.86	1.68
Velocity through the orifice at peak flow (m/s)		0.225	0.225	0.225	0.225	0.226	0.119	0.021	0.101	0.317
Velocity through the orifice at average flow (m/s)		0.421	0.421	0.421	0.421	0.424	0.174	0.030	0.078	0.410

조를 가진 두 계열(이하 3차, 4차 계열이라 칭함)의 독립된 정수장으로 구성되어 있지만, 3차 플록형성지는 플록큐레이터의 변속이 불가능하여 4차 플록형성지에 비하여 운전 RPM이 불균일하므로 G값의 부적정성이 응집효율에 어떠한 영향을 미치는지 충분히 비교·검토할 수 있었다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 플록형성지 수리학적 특성 평가(Tracer test)

추적자 실험은 일반적으로 반응조나 관망의 유입부에 방사선 물질이나 염용액 등의 추적자를 주입한 후에 유출부에서 다양한 시간 간격으로 추적자의 농도를 측정하는 방법이 되므로, 주입된 추적자가 거의 모두 유출될 때까지 유출부에서의 농도측정은 계속된다. 하지만, 수처리나 상수도 시스템에서 사용되는 추적자는 공중보건의 안전을 위하여 리튬클로라이드나 불소등으로 제한된다(한 등, 1991). 한편 실험에서 구한 유출부에서의 농도 그래프는 수학적 해석을 통하여 반응조내의 흐름 특성을 파악하게 된다(Levenspiel, 1972).

본 연구에서는 리튬화합물에 비하여 가격 면에서 10~30% 정도 저렴하고, 안전성과 추적자 용액을 준비하는 과정상에서의 문제(한 등, 1991) 등을 고려하여 불소 추적자를 이용한 실험을 실시하였다. 시료 채취지점은 침전지 유입 선단에서 흐름에 대한 횡방향으로 일정한 간격을 두고 3곳에서 수면아래 1.5 m, 3 m 지점에 시료 채취 튜브를 설치한 뒤, 총 6곳에서 샘플링을 실시하였다. 불소 추적자는 전체 유량에 대하여 1 mg/L가 되도록 응집지 선단부에서 Pulse-dose로써 플록형성지 전단면에 대하여 균일하게 주입하였다.

2.2.2. 플록큐레이터의 RPM 실측 및 침강실험

M정수장은 3개의 독립된 플록형성지에 1개의 침전지가 연결되어 있다. 본 실험에서는 3개의 플록형성지 전체에 대하여 RPM을 측정하면서 유입·유출수를 채수하였다. RPM측정은 플록큐레이터가 1회전시 소요되는 시간을 3회 측정하여 평균값으로 환산하였다.

침강실험은 5L의 원형용기로부터 채수 시간대별로 주사기를 이용하여 수면의 교란을 최대한 억제하면서 플록형성지 유입부 선단과 유출부 후단에서 시료를 채취하였다. 실제 플록형성지에서의 침전특성은 응집침전(II형침전)을 따르지만, 본 침강실험에서는 침강성의 상대적인 비교와 해석의 용이함을 위하여 개별침전(I형침전)으로 가정하였다(Metcalf et al., 1991).

2.3. 실험결과와 해석방법

2.3.1. 수리학적 특성 평가

각 시료채취 지점에서 추적자 농도 곡선을 구하여 특정 부분에서의 흐름이 편중되거나, 단회로의 흐름이 발생하는지에 대하여 검토하였다.

본 연구에서는 기본적인 흐름특성에 대한 상대적인 평가로 Morill, Modal 및 단락류 Index를 구하였다. Modal Index는 조 내의 plug flow 정도를 나타내는 것으로 유출

추적자 농도가 최대일 때의 시간과 이론적 체류시간의 비로 정의되며 1에 가까울수록 plug flow에 가까운 것이다. Morill Index는 조 내에서의 mixing 정도를 나타내는 것으로 누적유출량이 전체 주입량의 10%와 90%가 되는 시간의 비로 plug flow의 경우 1을, 완전혼합 반응조의 경우 1보다 매우 큰 값을 나타내며, 단락류 Index는 조내 수온, 밀도차이 등의 이유로 생기는 bulk류 등의 흐름으로 작용수록 양호한 흐름이 된다(한 등, 1993; Rebnun et al., 1965; Marske et al., 1973; Hart et al., 1979).

2.3.2. G값 산정 및 침강실험

2.3.2.1. G값 산정

M 정수장의 응집기는 입축 터빈형으로, Rushton이 제안한 아래의 공식에 따라 소요 동력을 계산하였고, G는 Camp가 제안한 식에 의해 산정하였다(Reynolds et al., 1996; Rushton et al., 1952; Geankoplis et al., 1995).

$$P = K_T N^3 D_i^5 \rho \quad (\text{난류 : NRE} > 10,000)$$

P = 동력, N-m/s

K_T = 난류에 있어서의 임펠러상수

(45° Pitched blade, 4EA : 1.6)

N = 회전속도, rps

D_i = 임펠러 직경, m

ρ = 액체밀도 (kg중/m³)

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

G = 속도경사, /sec

P = 물에 가해지는 동력, N-m/s

V = 반응조 체적, m³

μ = 유체의 점성계수, N · S/m²

2.3.2.2. 침강실험

실험에서 측정된 플록 침강속도의 분포와 침전지의 표면부하율을 이용하면 침전지에서의 탁도제거율을 계산할 수 있다. 응집수에 대하여 I형침강(독립침강)을 가정하면 침전지 표면부하율 보다 큰 침강속도를 가지는 입자는 100% 제거되고, 표면부하율 보다 작은 침강속도를 가지는 입자의 경우 표면부하율에 대한 침강속도의 비율만큼 제거되는데, 이는 다음의 식으로써 표현될 수 있다(McGhee, 1991; Thirumurthi, 1969).

$$F = (1 - X_s) + \int_0^{X_s} \frac{V}{V_s} dX$$

$$F = (1 - X_s) + \frac{1}{V_s} \sum V \Delta X$$

F = 탁도 제거 분율

$(1-X_s) =$ 침전지 표면부하율보다 큰 속도를 가진 탁도의 분율

$V =$ 침전속도

$V_s =$ 침전지 표면부하율 (Surface OverFlow Rate)

3. 결과 및 고찰

3.1. 수리학적 특성 평가

응집, 침전지에서의 흐름특성을 추적자 실험으로 고찰하고 현장 적용한 결과, 실제 체류시간과 이론 체류시간과의 비교에 의한 용량효율의 조사, 지내 위치별 흐름특성과 지내 구조물에 따른 영향등을 효과적으로 평가할 수 있었으며, 실험 결과를 검토하여 문제점 조사와 개선방의 도출이 가능한 것으로 보고 되었다(김, 2000).

Fig. 2는 본 연구의 대상 시설인 M, K 및 D 정수장에서 추적자 농도분포 곡선을 보여주고 있으며, Table 3에는 각 지점의 추적자농도를 평균하여 구한 추적자 농도분포 곡선으로부터 계산한 Index 값들을 나타내었다.

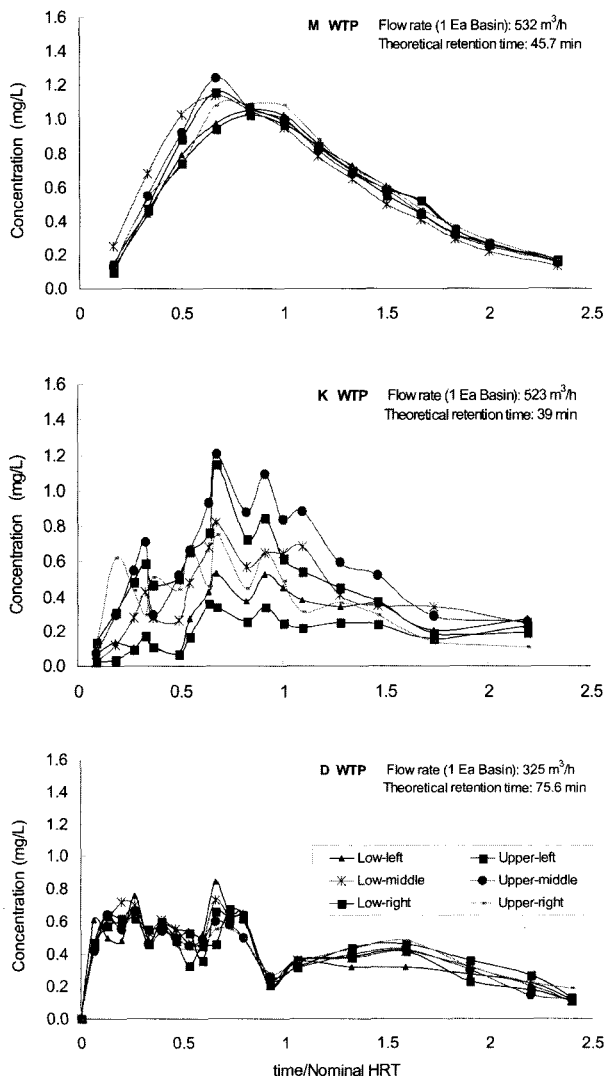


Fig. 2. Profiles of RTD-curve in flocculation basins.

M 정수장 플록형성지에서의 전체적인 추적자 농도분포 곡선은 혼합류의 흐름에 가깝게 나타났고, 임의의 시간에서 6개의 시료채취 지점간에는 흐름의 편중없이 비교적 균일하였다. 한 등(1993)은 lab-scale 실험에서 실제 정수장의 정류벽 구조와 동일한 형태, 문헌상에서 가장 많이 볼 수 있는 수평류식 정류벽 및 좌우류식 흐름으로 수리학적 플록형성지의 흐름을 응용한 것과 같은 세가지 형태의 정류벽 구조로 수리학적인 효율을 비교·분석한 결과, 좌우류식 흐름형태를 지닌 정류벽의 수리학적효율이 가장 우수한 것으로 분석하였다. 비교적 흐름이 불균일한 실제 정수장에서 각 응집지수가 Table 3과 같이 나타나서, 한 등(1993)이 구한 Morill 지수 4.33, Modal 지수 0.93, 단락류 지수 0.16과 비교하더라도 큰 차이를 발견할 수 없을 정도로 M 정수장의 실제 흐름은 양호한 것으로 판단할 수 있었다.

단락류 지수의 경우는 비교적 높게 나타났는데, 이는 lab-scale의 경우 플록형성지의 전 영역에서 교반이 잘 일어나고 흐름이 비교적 균일한 반면, 실제 정수처리 공정에서는 불균일한 흐름을 나타내고 있기 때문에 차이가 발생한 것으로 사료된다. 하지만, 전체적으로는 균일한 흐름 특성을 보이고 있다.

Table 3. Measured index in different flocculation basins

Index	M WTP	K WTP	D WTP
Morill Index	3.89	5	-
Modal Index	0.67	0.68	-
Short Circuit Index	0.46	0.43	-

K 정수장 플록형성지의 경우, 각 Index들은 비교적 양호하게 나타났으나, 임의의 시간대에서 채취한 6 지점간에는 상당한 차이를 보였다. 즉, 중단 및 우측부의 농도가 좌측부의 농도보다 아주 높아서 수류가 정류벽 전단면에 대하여 균일하게 형성되지 않은 것으로 분석되었다. 이는 K 정수장 플록형성지의 최종 유출부 정류벽의 정류공 개구비가 상당히 크고, 정류벽 전단면에 대하여 균일하게 분포되어 있지 않기 때문인 것으로 판단된다. 전체 플록들이 일정한 체류시간을 거쳐 충분히 성숙되어야 하나, K 정수장 플록형성지의 경우 흐름이 불균일하여 전체 플록들에 대하여 충분하고 균일한 체류시간을 보장하기 어려운 상태다.

D 정수장 플록형성지의 경우 임의의 시간에서 각 지점별 농도 차이는 크게 나타나지 않았으나, 측정시간에 따른 농도 편차는 상이하였다. 초기에 최대 농도를 나타낸 후 일정시간이 경과하면서 다시 농도가 증가하는 형태를 나타내어 Index 범을 적용시킬 수 없을 만큼 플록형성지 내 흐름이 불균일하였다. 즉, Fig. 2의 추적자 농도분포 곡선에서 실험 초기에 나타나는 단회로에 의하여 플록형성지를 통과하는 수류와 실험 후기에 나타나는 사영역으로 지연된 수류가 발생하고 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 이러한 단회로나 사영역은 설계유량에 비해 절반에도 못 미치는 유량의 유입, 플록형성조내 정류벽이 없는 단일 반응조 형태, 3단으로 구성된 플록클레이터가 시계방향과 동일한 회

전방향을 가지고 있어 응집기 회전이 수류에 순방향인 상부의 수류가 단회로로서 나타나고 플록큐레이터의 회전이 수류의 역방향인 하부의 수류가 지연된 유출로 나타날 가능성, 플록형성지 유입부 정류벽의 정류공이 하단부에 설치되어 있으나 실험당시 추적자 주입이 응집지 선단의 상층부에 주입된 점등에 기인한 것으로 사료된다.

3.2. G값이 응집효율에 미치는 영향

대부분의 응집과정에서 응집에 미치는 영향인자는 탁도, 알칼리도 및 pH와 같은 화학적 인자외에도 응집시에 요구되는 교반에너지와 같은 물리적인 인자들도 작용하므로 이들의 상호 복합적인 조사 연구가 필요하다. 특히, 주입 응집제의 양에 따라 교반강도는 상징수의 잔류탁도에 상당한 영향을 미치는 것으로 조사되었다(김 등, 1997).

Table 4에 유입원수를 균일하게 분배하여 사용하지만, 각기 독립적으로 운영되고 있는 M 정수장의 3, 4차 계열의 플록큐레이터 RPM실측값과 계산된 G값이 나타나 있다. RPM과 G값은 총 3개 플록형성지에 대하여 실시하였다. 3, 4차 계열 플록형성지는 동일한 구조를 가지고 있는데, 3차 계열의 경우 플록큐레이터의 변속운전이 불가능하고 노후화되어 RPM이 점감식으로 균일하게 운영되지 않고 있으나, 4차 계열 플록큐레이터의 경우 G값이 평균 1단 40 /sec, 2단 3.4 /sec, 3단 0.6 /sec으로 균일하게 점감식 운영이 이루어졌다. 따라서 3, 4차 계열 플록형성지에서 구조적인 요소를 포함한 다른 운전요소들은 모두 동일하나 G값의 차이가 발생하여 응집효율에 어떤 영향을 미치는가 파악할 수 있었다. 하지만, 일부 정수장의 플록형성지에서는 점감식으로 교반하지 않으며, 수리설계의 세부사항을 고려하지 않아서 급속혼화지와 플록형성지의 전단부에서 형성되어 뭉쳐져 있던 플록이 다시 깨지도록 설계 및 운전되고 있는 경우도 있어, 이에 대한 대책이 요구되고 있다(한, 1996).

플록형성지의 선단과 말단부에서의 침강실험 결과를 Fig. 3에 나타내었는데, 3차 계열 플록형성지의 경우 선단과 말단부에서 플록 침강성의 차이가 크게 발생하지 않았으나, 4차 계열의 경우 선단과 말단부의 플록 침강성이 명확히 발생하였다.

플록형성지의 기본 기능은 플록간의 충돌을 유도하여 가

Table 4. G values in flocculation basin (M WTP)

	Left	Middle	Right	
RPM	1st	3rd : 8.6	3rd:Broken	3rd : 10.2
		4th : 25.3	4th : 25.2	4th : 25.3
	2nd	3rd : 6.5	3rd : 5.8	3rd : 11.1
		4th : 5	4th : 5	4th : 4.9
	3rd	3rd : 12.5	3rd : 10.7	3rd : 9.6
		4th : 1.6	4th : 1.6	4th : 1.6
G (sec-1)	1st	3rd : 7.9	3rd:Broken	3rd : 10.2
		4th : 40	4th : 39.7	4th : 40
	2nd	3rd : 5.1	3rd : 4.3	3rd : 11.6
		4th : 3.4	4th : 3.4	4th : 3.3
	3rd	3rd : 13.1	3rd : 10.3	3rd : 8.7
		4th : 0.6	4th : 0.6	4th : 0.6

능한 한 침전이 잘 되는 큰 플록으로 성장시킵에 있으나, 3차 계열 플록형성지의 경우 선단부와 말단부가 크게 차이가 나지 않는 것으로 보아 플록이 충분히 성장되지 않거나 성장된 플록이 다시 깨지는 것으로 판단된다.

Fig. 4에는 플록형성지 말단부에서 침강실험으로부터 얻어진 자료를 개별침전(I형침전)으로 가정해서 침강속도에 대하여 잔존하는 탁도의 분율을 나타낸 것으로 4차 계열 플록형성지의 탁도제거율이 더 좋은 것으로 나타났다. Table 5는 앞선 개별침전에서 입자제거율 산정식을 이용하여 구한 침전에서 제거율을 나타내고 있다.

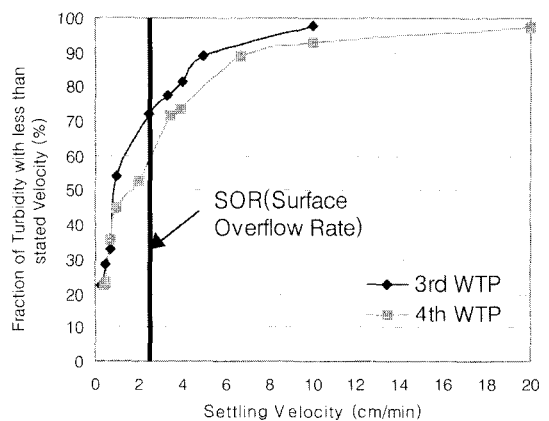


Fig. 4. Settling curves of particulates in M WTP.

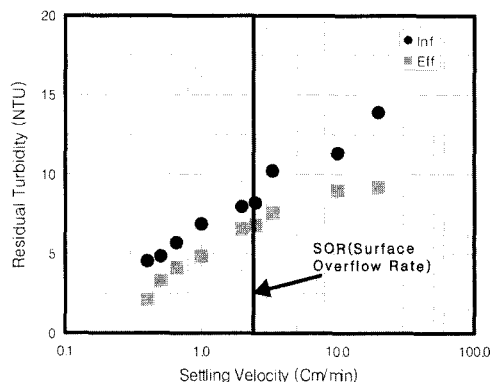
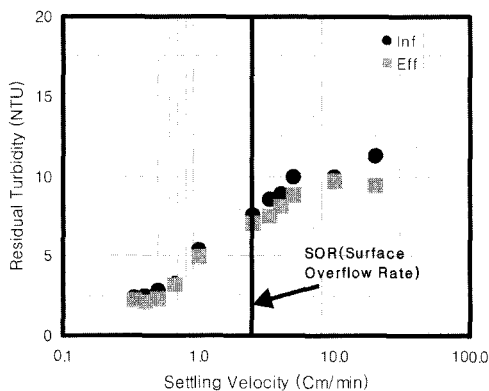


Fig. 3. Settling profiles of influent and effluent in flocculation basin (M WTP).

Table 5. Comparison of removal efficiency of turbidity in flocculation basin(M WTP)

Items	3rd WTP	4th WTP
Surface Overflow Rate for Designed Flow Rate (cm/sec)	2.43	2.43
Removal Rate (%)	49	57

위의 침강실험을 통한 탁도 제거율은 실제보다 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 실제 공정에서는 II형 침강 모델인 응집침강 모델을 따르므로 응집성 플록이 침강중에 다른 플록과 충돌, 결합하여 보다 큰 플록으로 성장하여 그에 따라 침강속도도 증가하고, 또한 침전지 내부에서 형성되는 난류에 의한 플록간 충돌에 의해 플록은 더욱 커져 실제 침강속도 및 제거율은 침강실험에서의 결과보다 더 큰 것으로 나타난다. 하지만 본 연구는 정확한 탁도 제거율을 구하는 것이 목적이 아니라 3, 4차 계열 플록형성지의 상대적인 평가를 위한 도구로 이용하였을 뿐이다. 따라서 실 정수장의 설계와 운영시에는 플록형성지내의 수류흐름이나, 교반강도가 플록형성에 상당한 영향을 미치므로, 이에 대한 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론

3개소의 실제 정수장을 대상으로 플록형성지의 전체적인 형태, 정류벽, 응집기 형태 및 유량등이 수리학적 흐름에 미치는 영향을 알아본 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 플록형성지에서의 수리학적 흐름특성을 추적자 실험으로 고찰한 결과, 지내 위치별 흐름특성과 정류벽 구조와 같은 구조물에 따른 영향등을 효과적으로 평가할 수 있었으므로, 효율이 저하된 플록형성지의 개선이 필요한 경우나 새로운 정수장의 설계시에는 추적자 실험을 통한 효과적인 평가가 필요할 것으로 사료된다.
- 2) 대상 시설인 M 정수장의 경우 플록형성지의 형태가 비교적 양호한 경우로써 수리학적 흐름 특성이 균일하게 나타지만, K 정수장 플록형성지의 경우 정류벽의 개구비가 아주 크며 정류공이 정류벽면에 불균일하게 분포되어 추적자농도분포 곡선에서의 좌·우 흐름에 큰 차이를 나타냈고, D 정수장 플록형성지의 경우 불균일한 유량과 응집지 형태등의 문제로 인하여 단회로나 사영역을 나타내는 추적자 농도분포 곡선을 나타내었다.
- 3) G값의 불균일성외에는 동일한 조건으로 운전되고 있는 M 정수장의 두 계열의 RPM 실측과 G값을 참고로, 침

강실험과 개별침강(I형침강)식을 적용하여 계산한 결과, G값이 점감식으로 균일하게 운전되고 있는 계열에서 보다 우수한 응집효율을 나타내었다. 따라서 실제 정수장의 설계 및 운영시에는 플록형성에 상당한 영향을 미칠 수 있는 플록형성지내의 수류흐름이나, 교반강도에 대한 충분한 검토가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

김상구, 류재익, 류동춘, 김정현, 응집에 영향을 미치는 물리-화학 인자, *대한상하수도학회지*, **11**(1), pp. 81-87 (1997).
 김정현, 정수장 수리특성평가를 위한 추적자시험의 고찰, *한국수처리기술연구회*, **8**(1), pp. 19-28 (2000).
 이동주, 백홍기, 김정현, 윤기식, 정수장 혼화공정에서 교반강도가 미치는 영향, *대한환경공학회지*, **20**(4), pp. 533-542 (1998).
 한무영, 정수장 응집공정 설계방법의 개선방안, *한국수질보전학회 학술연구발표회 논문초록집*, pp. 137~140 (1996).
 한무영 등, 정수시설의 최적설계 및 유지관리, 그린테크노, pp. 619-625 (1991).
 한무영, 김영진, 정수장 플록형성지 운영 효율평가 및 개선방안, *대한토목학회지*, **19**(1-2), pp. 511-519 (1993).
 Geankoplis, C. J., *Transport Processes and Unit Operations*, Prentice Hall, pp. 140-153 (1995).
 Hart, F. L. and Gupta, S. K., Hydraulic Analysis of Model Treatment Units, *Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs.*, **104**(EE4), p. 785 (1979).
 Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering 2nd ed.*, John Wiley & Son Inc, pp. 253-325 (1972).
 Marske, D. M. and Boyle, J. D., Chlorine Contact Chamber Design - A Field Evaluation, *Water and Sewage Works*, **120**, p. 70 (1973).
 McGhee, T. J., *Water Supply and Sewerage 6th ed.*, McGraw-Hill, pp. 173-202 (1991).
 Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering*, McGraw-Hill, pp. 220-240 (1991).
 Rebhun, M. and Argaman Y., Evaluation of Hydraulic Efficiency of Sedimentation Basins, *Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs.*, **91**(SA5), p. 37 (1965).
 Reynolds, T. D. and Richards, P. A., *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, pp. 172-223 (1996).
 Rushton, J. H., Mixing of Liquids in Chemical Processing, *Ind. and Eng. Chem.*, **44**(12), p. 2931 (1952).
 Thirumurthi, D. A., Breakthrough in the Tracer Studies of Sedimentation Tanks, *Journal Water Pollution Control Federation*, **41**[11(DA2)], R405 (1969).