

Archimedes number를 이용한 장방형 침전지내 수리흐름 평가에 관한 연구

Evaluation of Hydrodynamic Behavior in Horizontal Settling Basin with Archimedes number

박노석* · 이상욱

No-Suk Park* · Sanguk Lee

한국수자원공사 수자원연구원

(2009년 9월28일 접수, 2009년 12월 9일 수정, 2009년 12월14일 채택)

Abstract

In this study, the adequacy of Reynolds numbers and Froude numbers derived from about sixty domestic water treatment plants (WTPs) were analyzed in order to estimate the characteristics of hydraulic behavior within the rectangular shaped sedimentation basins used widely. From the results of analysis, most of domestic WTPs have satisfied the criteria regulated as that Reynolds number should less than 1,000(dimensionless). On the other hand, they have not been able to satisfy the Froude number criteria, which should be higher than 1.0×10^{-6} . The reasons why most of domestic WTPs could not satisfy the criteria are that its criteria basis has been not only inadequate, but also the concept of external flow occurred around a settling particle has been ignored. Accordingly, this study proved the feasibility of Archimedes number, which indicates the ratio between particle Reynolds number and Froude number, to evaluate the hydraulic efficiency and its function of scale factor.

Key words : Archimedes Number, Reynolds Number, Froude Number, Rectangular sedimentation basin

주제어 : 아르키메데스 수, 레이놀즈 수, 프라우드 수, 장방형 침전공정

1. 서론 및 이론적 배경

침전은 정수처리 공정 중 가장 기본적이면서 널리 사용되는 공정 중의 하나이다. 그러나 이러한 침전의 중요성에도 불구하고 급격한 유량의 변동, 부적합한 수리구조, 국부적인 에너지의 소산, 단락류 및 밀도류의 생성 등의 문제점으로 인해 처리효율이 만족스럽지 못한 경우가 자주 발생하고 있다 (Kawamura, 1991, Prabhata & Aditya, 1996).

침전지의 실제 입자 제거 효율은 지내 흐름거동과 밀도차, 중력침전, 응집 및 슬러지의 퇴적과 같은 물리적인 요인에 의해 크게 영향을 받는다 (Jayanti와 Narayanan, 2004).

이러한 침전지의 효율을 지배하는 근본적인 변수는 수리 구조의 적정성이라 할 수 있는데, 수리구조의 적정성은 장폭비, 수리부하율, 월류부하율, Reynolds 수 또는 Froude 수 등의 기준 만족 여부로 통상 평가된다 (김정현 등., 2005, Vittal & Raghav, 1997). 국내 정수장의 경우 침전지내 수리 구조상의 문제점으로 가장 지적이 많이 되는 부분은 유입 정류벽의 정류공과 Froude 수의 불만족이다 (김정현 등., 2005). 현재 상수도 시설기준에서는 침전지 유입 정류벽의 정류공은 약 6%로, Froude 수의 경우 10^{-6} 이상으로 제시 권고하고 있다 (환경부, 2004). 그러나 침전지의 수리구조에 있어서 Reynolds 수와 Froude 수의 기준을 동시에 만족

* Corresponding author Tel:+82-42-870-7525, Fax:+82-42-870-7549, E-mail: nspark@kwater.or.kr(Park, N.S.)

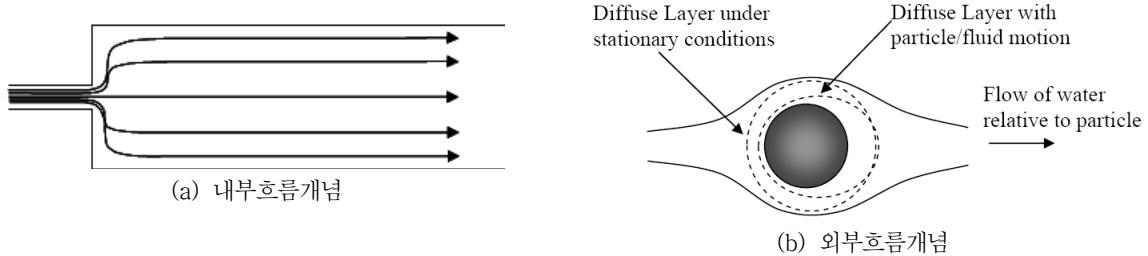


Fig. 1 내부흐름(internal flow) 개념과 외부흐름(external flow) 개념

시키는 것은 아주 어려운 일이다. 왜냐하면 식(1)에서 나타낸 것과 같이 현재 국내에서 운영 중인 정수장내 장방향 침전지에서 충분한 동수반경(R)의 확보가 어렵기 때문이다.

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

여기서, A는 수류단면적을, P는 윤편의 길이를 나타낸다.

$$Re = \frac{V \cdot R}{\nu} \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

여기서, V는 수평유속, ν 는 유체의 동점성 계수를 나타낸다.

$$Fr = \frac{V^2}{g \cdot R} \dots\dots\dots \text{식(3)}$$

여기서, g는 중력가속도를 나타낸다.

식(1), (2) 및 (3)에서 제시된 Reynolds수와 Froude수는 각각 침전지내 수평 평균유속의 최소값과 최대값을 제한하는 기준으로 인식되고 있다. 상기 동수반경이 크면 클수록 Reynolds 수는 증가하고, Froude 수는 감소한다. 이에 정수 처리에 적용되는 장방향 침전지에서 Froude 수를 10^{-6} 보다 증가시키기 위해서는 동수반경을 감소시켜야한다. 식(1)에서 동수반경을 감소시키기 위해서는 수류단면적을 감소시키거나, 윤편을 증가시켜야한다. 전체적인 수류단면적의 감소는 큰 공사비가 소요되어야 하나 윤편을 증가시키는 것은 중간 도류벽을 설치함으로써 비교적 쉽게 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 도류벽의 설치는 그 효과 및 제거효율이 정확하게 검증되지 않아 현재에도 많은 시행착오를 겪고 있다.

이에 국내에서 운영 중인 정수장을 대상으로 침전지의 성능제한인자를 도출하면 가장 빈도가 높게 지적되는 사항이 수리 구조의 부적절성이며, 세부적으로는 Froude수가 너무 작아서 지내로 유입되는 유입수의 모멘텀에 의해 지내 체류수가 떠밀려 강제적으로 유출되면서 발생하는 흐름의 불안정성에 의해 플록이 재부상되는 것이다.

한편 침전지에서 입자의 침강은 입자 주변의 흐름이 지배적인 사실을 간과해서는 안된다. 현재 침전지의 흐름평가에 적용하고 있는 흐름의 개념은 내부흐름(internal flow) 개념이다. 내부흐름 개념에서는 관심의 대상이 침전지 바닥과 양쪽 벽면 안쪽을 흐르는 흐름자체(Fig. 1(a) 참조)이나 외부흐름 개념에서는 Fig. 1(b)와 같이 characteristic length scale을 입자 직경으로 간주하고 입자 주변흐름의 안정성을 정량화하는 것이다.

외부흐름개념을 도입하면 상기 언급한 식(2)의 Reynolds number는 다음 particle Reynolds number로 전환하여 고려하여야 한다.

$$Re_p = \frac{V \cdot d_p}{\nu} \dots\dots\dots \text{식(4)}$$

여기서 d_p 는 입자의 직경을 의미한다.

Particle Reynolds number는 외부흐름개념을 대표하고 Froude number는 내부흐름을 대표할 때 이미 화공분야 입자거동에서 널리 이용되고 있는 Archimedes number의 적용성을 검토할 수 있다. Archimedes number는 다음과 같이 나타낼 수 있는데

$$Ar = \left(\frac{V_0 \cdot d_p}{\nu} \right)^2 \left(\frac{g \cdot R}{V^2} \right) \left(\frac{\rho_s}{\rho} \right) = \left(\frac{Re_p^2}{Fr} \right) \left(\frac{\rho_s}{\rho} \right) \dots\dots \text{식(5)}$$

여기서, V_0 는 표면 부하율, ρ_s 는 입자의 밀도를 나타낸다.

이에 본 연구에서는 현재 장방향 침전지의 수리 거동을 평가하는 이용되는 내부흐름 개념의 Reynolds수와 Froude수의 효율성을 평가하고 본 연구에서 제안하고자 하는 외부흐름개념이 도입된 Archimedes수와와의 비교를 통해 약 60개의 실제 정수장 장방향 침전지를 대상으로 적용타당성을 검토하고자하였다.

Table 1 운전중인 장방형 침전지 및 설계유량을 근거로 한 Reynolds수 및 Froude수

정수장 번호	정수 형식	설계 유량 (m ³ /일)	침전지 제원				A(m ²)	P(m)	R(m)	Re	Fr
			W(m)	L(m)	He(m)	지					
1	급속	38,000	10.3	58.2	4.2	2	43.3	18.7	2.31	8976	1.1398×10 ⁻⁶
2	급속	15,000	9	40	3.5	2	31.5	16	1.97	4141	3.9360×10 ⁻⁷
3	급속	15,000	6	40	3.7	3	22.2	13.4	1.66	3296	4.1854×10 ⁻⁷
4	완속	27,000	7	47	3.8	3	26.6	14.6	1.82	5446	8.5889×10 ⁻⁷
5	급속	15,000	6	40	4.5	3	27	15	1.8	2945	2.6043×10 ⁻⁷
6	급속	15,000	9	40	3.31	2	29.8	15.6	1.90	4242	4.5430×10 ⁻⁷
7	급속	50,000	12	45.5	3.6	4	43.2	19.2	2.25	5752	5.0865×10 ⁻⁷
8	급속	280,000	16.4	64.2	5	8	82	26.4	3.10	11713	8.0176×10 ⁻⁷
9	급속	50,000	8.5	45	5	4	42.5	18.5	2.30	5969	5.1472×10 ⁻⁷
10	급속	50,000	12	52.1	4.2	3	50.4	20.4	2.47	7218	6.0503×10 ⁻⁷
11	급속	174,000	12	51.2	4.5	8	54	21	2.57	9150	8.6239×10 ⁻⁷
12	급속	60,000	12	60	4	2	48	20	2.4	13252	2.2248×10 ⁻⁶
13	급속	137,000	10.4	55	4	6	41.6	18.4	2.26	7202	7.8608×10 ⁻⁷
14	급속	16,000	8	40	4.6	2	36.8	17.2	2.14	4109	3.0193×10 ⁻⁷
15	급속	6,000	10.15	35.08	3.2	3	32.5	16.6	1.96	1067	2.6409×10 ⁻⁸
16	완속	4,000	5	18.7	4.5	2	22.5	14	1.61	1262	6.7203×10 ⁻⁸
17	완속	2,000	4.5	23.4	3.55	2	16.0	11.6	1.38	761	3.8894×10 ⁻⁸
18	완속	900	4	20	3	2	12	10	1.2	397	1.6019×10 ⁻⁸
19	급속	15,000	9.4	40	4	2	37.6	17.4	2.16	3808	2.5168×10 ⁻⁷
20	급속	800	4.5	22	4.3	1	19.4	13.1	1.48	539	1.5818×10 ⁻⁸
21	급속	13,500	7.6	45.4	3.65	2	27.7	14.9	1.86	4002	4.3473×10 ⁻⁷
22	급속	1,000	4	16.2	3.86	2	15.44	11.72	1.32	376	1.0881×10 ⁻⁸
23	급속	2,000	3	15	4.4	2	13.2	11.8	1.19	748	7.0131×10 ⁻⁸
24	완속	5,200	7.4	30	4.4	2	32.56	16.2	2.01	1417	4.3367×10 ⁻⁸
25	급속	7,500	5	28	3.55	2	17.75	12.1	1.47	2738	4.1591×10 ⁻⁷
26	급속	20,000	8	43.2	4	2	32	16	2	5521	6.6745×10 ⁻⁷
27	급속	2,000	3	15	4	2	12	11	1.09	803	8.7015×10 ⁻⁸
28	급속	25,000	8	30	4.2	2	33.6	16.4	2.05	6734	9.2341×10 ⁻⁷
29	급속	4,000	3.5	15.2	3.65	2	12.8	10.8	1.18	1636	2.8323×10 ⁻⁷
30	완속	3,000	5.2	26.6	4.1	2	21.3	13.4	1.59	989	4.23×10 ⁻⁸
31	완속	1,000	4	18	4.7	1	18.8	13.4	1.40	659	2.7566×10 ⁻⁸
32	급속	28,000	8	35	4	4	32	16	2	3865	3.2704×10 ⁻⁷
33	완속	2500	5	30	3	2	15	11	1.36	1003	6.9612×10 ⁻⁸
34	급속	53,000	11	55	4	4	44	19	2.32	6161	5.3527×10 ⁻⁷
35	완속	200	4	12	3.5	1	14	11	1.27	160	2.1919×10 ⁻⁹
36	급속	4,800	10.45	50	3	2	31.35	16.45	1.91	1289	4.2036×10 ⁻⁸
37	완속	960	4.05	15.4	3.2	2	12.96	10.45	1.24	380	1.3289×10 ⁻⁸
38	급속	4,900	8	26	3.6	2	28.8	15.2	1.89	1424	5.2209×10 ⁻⁸
39	급속	660	4	7.25	4.8	2	19.2	13.6	1.41	214	2.8603×10 ⁻⁹
40	급속	10,000	6.6	31	3.86	2	25.5	14.3	1.78	3084	2.9596×10 ⁻⁷
41	급속	2,400	9	25.4	5.5	2	49.5	20	2.48	530	3.2458×10 ⁻⁹
42	완속	3,500	8	23.7	4	1	32	16	2	1932	8.1762×10 ⁻⁸
43	급속	3,000	3	20	5.1	2	15.3	13.2	1.16	1003	1.1335×10 ⁻⁷
44	급속	3,200	8	26.7	3.8	2	30.4	15.6	1.95	906	1.9431×10 ⁻⁸
45	완속	2,000	8	27.5	3.8	2	30.4	15.6	1.95	566	7.5901×10 ⁻⁹
46	급속	5,000	4	9.05	2.95	3	11.8	9.9	1.19	1487	2.2879×10 ⁻⁷
47	급속	5,000	6	24	3.5	2	21	13	1.61	1699	1.1992×10 ⁻⁷
48	급속	600	1.45	8	4	2	5.8	9.45	0.61	280	5.9585×10 ⁻⁸
49	급속	2,000	3	15	4	2	12	11	1.09	803	8.7015×10 ⁻⁸
50	완속	8,000	6	34	5.3	2	31.8	16.6	1.92	2128	1.129×10 ⁻⁷
51	급속	500	1.9	8	3.32	2	6.3	8.54	0.74	258	2.9067×10 ⁻⁸
52	완속	300	1.8	8.5	5.25	2	9.45	12.3	0.77	107	4.4827×10 ⁻⁹
53	급속	50,000	10	57.8	4	4	40	18	2.22	6135	6.007×10 ⁻⁷
54	급속	9,000	6.5	35	5	3	32.5	16.5	1.97	1606	5.9132×10 ⁻⁸
55	급속	165,000	12.25	65	4	4	49	20.25	2.42	17997	4.0034×10 ⁻⁶
56	급속	5,000	5	17	3.5	2	17.5	12	1.45	1509	1.2862×10 ⁻⁷
57	급속	2,000	2.6	7.1	6.1	2	15.86	14.8	1.07	596	5.0711×10 ⁻⁸
58	급속	900	3.1	8.5	3.6	2	11.16	10.3	1.08	386	2.0512×10 ⁻⁸
59	급속	20,000	8	35	3.8	4	30.4	15.6	1.95	283	1.8975×10 ⁻⁹
60	급속	3,300	5	16.1	3.5	3	17.5	12	1.46	809	3.7034×10 ⁻⁸
61	급속	35,000	9.4	53	3.7	3	34.78	16.8	2.07	6135	7.4295×10 ⁻⁷
62	급속	33,000	9.4	53	3.6	3	33.84	16.6	2.03	5854	7.0852×10 ⁻⁷

- Reynolds수의 기준은 10,000이하, Froude수는 10⁻⁶이상

2. 운전중인 장방형 침전지의 현황

다음 table 1에서는 국내에서 운전 중인 200~280,000 m³/일 규모의 62개의 정수장내 장방형 침전지를 선정하여 각각의 geometry 인자와 유량에 따라 결정되는 Reynolds 수와 Froude수를 정리한 것이다. 정수장의 실명은 본 연구에서 거론하지 않고 단지 번호를 붙여 정리하였다.

상기 Table 1에서 나타나듯이 본 연구에서 선정한 62개 대부분의 정수장 중 3개를 제외하고 나머지 59개는 설계유량을 근거로 한 Froude수가 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 반면에, Reynolds수의 경우 반대로 3개를 제외하고 나머지가 기준을 다 만족하고 있는 것으로 나타났다. 실제 Reynolds수는 개수로의 흐름에서 10,000과 20,000이 흐름상에 큰 차이가 없는 것은 누구나 다 아는 사실이다. 즉 Table 1에서 Reynolds수의 기준을 만족하지 못하는 3개는 10,000을 상회하고 있지만 흐름의 안정성 측면에서 별 문제될 것은 없다. 그러나 Froude수의 경우 대부분의 정수장이 10⁻⁶이상의 기준을 만족하지 못하고 있다. 이러한 결과는 5년마다 1회씩 시행하는 정수장 기술 진단 보고서에서도 지적하고 있으며, 대처 방안으로 도류벽 설치를 제안하고 있다. 또한 기준이 되는 Froude수와 차이를 많이 보이는 곳은 대부분 원속여과를 하는 곳이다. 플록을 형성하지 않는 보통침전지의 경우 더욱더 느린 수평유속이 요구됨으로 Froude수를 만족할 수는 없다(4, 16, 17, 24, 30, 31, 35, 37, 45, 50, 52정수장). 앞서 언급한 바와 같이 상수도 시설 기준에서 Froude수의 기준을 두는 이유는 최소 유속값 기준을 설정하는데 있으나, 실제 침전지 운영에서 체류시간이 길어지면 침전 효율이 향상됨에 모순이 생기는 것이다. 이에 본 연구에서는 진단시 침전지 수리거동을 평가하는데 이제까지 사용되어온 Reynolds수와 Froude수의 독립적인 적용, Froude수의 기준을 만족할 수 없는 현안, 외부흐름 특성의 중요성 간과 등을 이유로 particle Reynolds수와 Froude수의 비가 되는 Archimedes number의 적용성을 검토하려는 것이다.

3. Archimedes number의 적용

식 (5)에서 제시한 Archimedes 수를 적용하기 위해서 각 인자들의 값을 결정하여야 한다. 식(5)에 들어가는 인자는 $V_0, d_p, \nu, g, R, V, \rho_s$ 및 ρ 인데 이 8개의 인자중 침전지 geometry와 유량에 따라 결정되는 인자는 R, V_0 와 V 이며, 문헌에서 직접 찾을 수 있는 인자는 ν, g 및 ρ 이다. 또한 입자의 크기(d_p)와 밀도(ρ_s)는 침전이전공정인 응집 공정에서 어느 정도 결정된다. 이에 본 연구에서는 문헌에서 직접 찾을 수 있는 인자와 입자의 크기 및 밀도를 다음 Table 2와 같이 결정하였다.

Table 2에서 제시한 값 중 입자의 직경, 밀도 및 표면 부하율 (49m/일)은 추후 기준이 되는 최대 Archimedes 수를 제시할 때 적용된 표면 부하율을 49m/일로 적용한 것은 상수도 시설기준에 제시되기를 장방형 침전지의 경우 표면 부하율은 15~45m/일의 범위내에 있어야함으로 최대값인 상한값을 적용한 것이다. Table 2에서 제시한 값 이외 침전지 geometry와 유량에 따라 결정되는 인자(R, V_0 와 V)는 각 정수장 특성에 맞게 계산되어 진다. 다음 table 3은 table 1에서 제시한 정수장의 Archimedes수를 표시한 것이다.

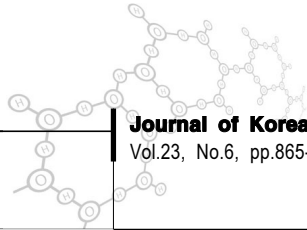
다음 table 3에서 나타내듯이 62개 정수장에 대해 Archimedes수는 약 20,000에서 60까지의 다양한 분포를 가진다. Archimedes 수를 정수장 수리 거동을 평가하는 인자로 적용을 하기 위해서는 일정한 기준값이 정해져야 한다. 그러나 본 연구에서 그 기준값을 제시하는 것은 시기상조라 판단되며 단지 그 특징을 살펴보고자한다. 개념적으로 Archimedes수는 분자에 particle Reynolds수의 제곱이 있으며 분모에 Froude수가 있다 즉 이 비는 분모가 크고 분자가 작을수록 작아지며, 침전에 좋은 수리거동 조건을 나타낸다. 53, 61 및 62번 침전지의 경우 장폭비 및 표면 부하율이 기준에 잘 맞고 Reynolds 수도 10,000이하이다. Froude수가 10⁻⁶보다 작지만 그 차이가 미비한 것으로 나타나고 있다. 그러나 table 3에서 음영으로 처리한 행은 Archimedes수가 500이상인 침전지를 표시한 것이다.

Table. 2 인자 결정

인자	값	인자	값
ν (동점성계수)	1.31×10 ⁻⁶ m ² /sec	d_p	40μm
g (중력가속도)	9.8 m/sec	ρ_s	1.002 g/cm ³
ρ (물의 밀도)	1 g/cm ³		

Table 3 운전중인 장방형 침전지 및 설계유량을 근거로 한 Archimedes 수

정수장 번호	정수 형식	설계 유량 (m ³ /일)	침전지 제원				V ₀ (m/sec)	Re _p	Archimedes 수
			W(m)	L(m)	He(m)	지			
1	급속	38,000	10.3	58.2	4.2	2	0.000366843	0.011201	110
2	급속	15,000	9	40	3.5	2	0.000241127	0.007363	137
3	급속	15,000	6	40	3.7	3	0.000241127	0.007363	129
4	완속	27,000	7	47	3.8	3	0.000316616	0.009668	109
5	급속	15,000	6	40	4.5	3	0.000241127	0.007363	208
6	급속	15,000	9	40	3.31	2	0.000241127	0.007363	119
7	급속	50,000	12	45.5	3.6	4	0.000264974	0.008091	128
8	급속	280,000	16.4	64.2	5	8	0.000384627	0.011744	172
9	급속	50,000	8.5	45	5	4	0.000378238	0.011549	259
10	급속	50,000	12	52.1	4.2	3	0.000308543	0.009421	146
11	급속	174,000	12	51.2	4.5	8	0.000409727	0.012511	181
12	급속	60,000	12	60	4	2	0.000462019	0.014725	97
13	급속	137,000	10.4	55	4	6	0.000462019	0.014107	253
14	급속	16,000	8	40	4.6	2	0.000289352	0.008835	259
15	급속	6,000	10.15	35.08	3.2	3	6.50116E-05	0.001985	149
16	완속	4,000	5	18.7	4.5	2	0.000247574	0.00756	852
17	완속	2,000	4.5	23.4	3.55	2	0.000109915	0.003356	290
18	완속	900	4	20	3	2	6.51042E-05	0.001988	247
19	급속	15,000	9.4	40	4	2	0.000230866	0.007049	197
20	급속	800	4.5	22	4.3	1	9.35279E-05	0.002856	516
21	급속	13,500	7.6	45.4	3.65	2	0.000226423	0.006914	110
22	급속	1,000	4	16.2	3.86	2	8.93061E-05	0.002727	684
23	급속	2,000	3	15	4.4	2	0.000257202	0.007853	881
24	완속	5,200	7.4	30	4.4	2	0.000135552	0.004139	395
25	급속	7,500	5	28	3.55	2	0.00031002	0.009466	215
26	급속	20,000	8	43.2	4	2	0.000334898	0.010226	156
27	급속	2,000	3	15	4	2	0.000257202	0.007853	710
28	급속	25,000	8	30	4.2	2	0.000602816	0.018407	367
29	급속	4,000	3.5	15.2	3.65	2	0.000435116	0.013286	624
30	완속	3,000	5.2	26.6	4.1	2	0.000125514	0.003832	346
31	완속	1,000	4	18	4.7	1	0.000160751	0.004908	875
32	급속	28,000	8	35	4	4	0.000289352	0.008835	239
33	완속	2,500	5	30	3	2	9.64506E-05	0.002945	124
34	급속	53,000	11	55	4	4	0.000253482	0.00774	112
35	완속	200	4	12	3.5	1	4.82253E-05	0.001473	991
36	급속	4,800	10.45	50	3	2	5.31632E-05	0.001623	62
37	완속	960	4.05	15.4	3.2	2	8.90742E-05	0.00272	557
38	급속	4,900	8	26	3.6	2	0.000136329	0.004163	332
39	급속	660	4	7.25	4.8	2	0.000131705	0.004022	5665
40	급속	10,000	6.6	31	3.86	2	0.000282848	0.008637	252
41	급속	2,400	9	25.4	5.5	2	6.07563E-05	0.001855	1062
42	완속	3,500	8	23.7	4	1	0.000213635	0.006524	521
43	급속	3,000	3	20	5.1	2	0.000289352	0.008835	690
44	급속	3,200	8	26.7	3.8	2	8.66972E-05	0.002647	361
45	완속	2,000	8	27.5	3.8	2	5.26094E-05	0.001606	340
46	급속	5,000	4	9.05	2.95	3	0.000532876	0.016271	1159
47	급속	5,000	6	24	3.5	2	0.000200939	0.006136	314
48	급속	600	1.45	8	4	2	0.00029933	0.00914	1404
49	급속	2,000	3	15	4	2	0.000257202	0.007853	710
50	완속	8,000	6	34	5.3	2	0.000226943	0.00693	426
51	급속	500	1.9	8	3.32	2	0.000190363	0.005813	1164
52	완속	300	1.8	8.5	5.25	2	0.000113471	0.003465	2683
53	급속	50,000	10	57.8	4	4	0.000250304	0.007643	97
54	급속	9,000	6.5	35	5	3	0.000152625	0.00466	368
55	급속	165,000	12.25	65	4	4	0.000599599	0.018308	83
56	급속	5,000	5	17	3.5	2	0.000340414	0.010394	841
57	급속	2,000	2.6	7.1	6.1	2	0.000626981	0.019144	7241
58	급속	900	3.1	8.5	3.6	2	0.00019766	0.006035	1779
59	급속	20,000	8	35	3.8	4	0.00020668	0.006311	21030
60	급속	3,300	5	16.1	3.5	3	0.000158155	0.004829	630
61	급속	35,000	9.4	53	3.7	3	0.000271037	0.008276	92
62	급속	33,000	9.4	53	3.6	3	0.00025555	0.007803	86



Archimedes가 비정상적으로 큰 데에는 다음과 같은 이유가 있다.

- 장폭비가 작고 표면부하율이 큼 : 16, 22, 35, 37, 39, 41, 42, 46, 48, 51, 52, 56, 57, 58번 정수장
- Froude 수가 작음 : 20, 22, 23, 31, 35, 37, 39, 41, 42, 48, 51, 52, 57, 58, 59, 60번 정수장
- 상기 두 가지 조건이 중복 : 22, 35, 37, 41, 42, 48, 52, 58번 정수장

이상의 결과에서 침전지내 수리거동의 특징을 독립적인 지표(장폭비, Reynolds수 및 Froude수)로 평가하는 경우 각각 기준을 모두 만족하기에는 어려움이 있었다. 그러나 각 독립지표들의 특징이 모두 반영되어 있고 또한 외부흐름 개념이 고려되어 있는 Archimedes 수를 평가에 이용하는 경우 침전지내 수리거동 및 입자 주변의 흐름을 총괄적으로 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 장방형 침전지의 수리 거동을 평가하는 이용되는 내부흐름 개념의 Reynolds수와 Froude수의 효용성을 평가하고 본 연구에서 제안하고자 하는 외부흐름 개념이 도입된 Archimedes수와의 비교를 통해 약 60개의 실제 정수장 장방형 침전지를 대상으로 적용타당성을 검토하였다. 검토 결과 침전지내 수리거동의 특징을 독립적인 지표(장폭비, Reynolds수 및 Froude수)로 평가하는 경우 각각 기준을 모두 만족하기에는 어려움이 있었다. 그러나 각 독립지표들의 특징이 모두 반영되어 있고 또한 외부흐름 개념이 고려되어 있는 Archimedes 수를 평가에 이용하는 경우 침전지내 수리거동 및 입자 주변의 흐름을 총괄적으로 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 김정현, 배철호, 박노석, 문용택, 이선주, 권순범, 안효원 (2005) 정수장 최적화를 위한 성능제한인자 평가에 관한 연구, 상하수도 학회지. Vol.19, No.1, pp.78-91.
2. 환경부 (2004) 상수도시설기준
3. Chao, J. L and Trussel, R. R. (1980) Hydraulic Design of Flow Distribution Channels, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, Vol. 106, pp.321-333.
4. Vittal, N. and Raghav, M. S. (1997) Design of Single-Chamber Settling Basins, *ASCE, Journal of Environmental Engineering*, Vol. 123, No. 10, pp.469-471.
5. Prabhata K. Swamee and Aditya Tyagi (1996) Design of Class-I Sedimentation Tanks, *ASCE, Journal of Environmental Engineering*, Vol. 122, No1, pp.71-73.
6. Jayanti, S. and Narayanan, S. (2004) Computational Study of Particle-Eddy Interaction in Sedimentation Tanks, *ASCE, Journal of Environmental Engineering*, Vol. 130, pp.37-49.
7. Kawamura, S. (1991), *Integrated Design of Water Treatment Facilities*, John Wiley & Sons, Inc.