

장방향 이차침전지에서 이중정류벽 설치를 통한 침강속도 증대에 따른 안정성 확보 분석

최동규·임지열*·길경익†

서울과학기술대학교 건설시스템공학과

*고려대학교 건축사회환경공학과

Ensuring Stability in Accordance with the Secondary sedimentation tank Surface Loading rate Increase

Dongkyu Choi·Jiyeol Im*·Kyungik Gil†

Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

*School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University

(Received : 05 June 2015, Revised: 22 March 2016, Accepted: 11 October 2016)

요약

생물학적 처리공정의 이차침전지의 고액분리 효율 증대는 전체 시스템 운전의 효율을 증대시키는 것으로 알려져 있다. 하수처리장 방류수 SS는 대부분 유기물질로 구성되어 있어 이차침전지 방류수에서 SS성분을 낮추기 위해서는 이 성분을 구성하는 미세 SS성분을 자체 응집(self flocculation)을 통해서 그 크기와 무게를 증대시켜 이들의 침전을 통해서 제거할 수 있다. 이에 이차침전지내에 이중정류벽 설치를 통한 이차침전지 유출수 부유물질(SS) 농도 감소를 확인하였고, 유입수의 일간 변화에 의해 하수가 급격히 증가할 경우 유량변동에 따른 충격부하에 의한 유출 부유물질이 안정적으로 처리되는 것을 확인하였다. 따라서 장방향 이차침전지 부유물질 저감을 위해 자체응집을 시킬 수 있는 시설물의 설치가 필요하다.

핵심용어 : 이중정류벽, 부유물질, 최종침전지, 하수종말처리장

Abstract

Improvement of the solid-liquid separation efficiency in the secondary sedimentation tank of the biological treatment process, is known to be increasing effectiveness of the overall system operation. Sewage treatment plant effluent SS is composed of most organic substances. In order to reduce the SS component in the secondary sedimentation tank discharge, fine SS components constituting the heterogeneous should be increased by its own aggregation (self flocculation), so that can be deleted through their precipitation. So, it is improved through using the installation of double rectification wall in this secondary tank. In case, sewage is rapidly increased due to the daily change of the influent water, it was confirmed that suspended solids caused by the impact load are processed stably. Therefore, there is a need for a facility installation which can be its own aggregation for reduction suspended solids in secondary sedimentation tank.

Key words : Double Rectification Wall, Suspended Solids, Secondary Sedimentation Tank, Municipal Wastewater Treatment Plant

1. 서 론

2013년 유기물, 부유물질, 총 인과 총 질소의 공공하수처리 시설 방류수 수질기준이 강화되었으며, 생태독성항목이 신설되었다. 수계 수질 보호를 위한 정부 정책의 일환으로 안정적인 수계의 수질을 확보하고자하는 정부의 의지를 확인할 수 있으며, 향후 지속적으로 환경과 관련된 정책들은 강화될 것으로

전망하고 있다. 특히 4대강 유역에서 하수처리장을 통한 하천, 호소 및 습지의 수질 개선에 많은 관심을 기울이고 있다(Kim et al., 2014; Na et al., 2016). 하지만 기존 하수종말처리장의 공법 및 기술로는 강화된 방류수 수질 기준을 만족시키기에는 어려움이 있으며, 이를 위해 다수의 하수종말처리장에서 공법 개조 및 신기술 도입과 같은 개조사업이 활발하게 이루어지고 있다(Kim et al., 2006; Lee, 2010).

일반적인 하수처리장은 하수의 생물학적 처리가 이루어진 후 최종침전지로 이송되며, 최종침전지에서는 미생물과 같은 부유물을 침전시켜 제거한 후 방류한다. 하지만 최종침전지에서 부유물의 제거는 100% 이루어지지 않으며, 제거가 이루어

† To whom correspondence should be addressed.
Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology
E-mail: kgil@seoultech.ac.kr

지지 않은 오염물질은 방류수 내 잔존하게 된다. 방류수 내 잔존하는 부유물은 입자성 오염물질로 구분할 수 있으며, 부유물질 농도만이 아니라 유기물, 총 인과 총 질소 농도 증가에 영향을 준다. 이처럼 입자성 오염물질은 방류수 내 다양한 오염물질 농도에 영향을 미친다(Choi and Rhu, 2000; Alastair, 2004). 정리하자면, 최종침전지 효율 개선을 통해 부유물질의 제거 효율이 증가하면, 다른 오염물질의 처리 효율을 개선할 수 있을 것이다. 이를 위해 최종침전지 내 효율 개선을 위한 다양한 공법과 기술들이 개발되고 그 효율을 검증하지 위해 다수의 연구가 이루어지고 있다(Kim et al., 2000; Kim and Jin, 2005; Burger et al., 2006; Preserena et al., 2013; Raggul and Saraswathi, 2014; Lee et al., 2015).

최종침전지 효율 개선 기술로 최종침전지 내 유출웨어를 구성하고, 다수의 정류판이 설치된 이중정류벽이 개발되어 발표되었다(Lee and Lee, 2005), 최종침전지 유출수의 부유물질의 주 성분은 미세 입자로 응집시켜 침전을 유도할 수 있다. 장방향 침전지의 경우 침전지 내부에 이중정류벽 설치를 통해 추가적인 응집제 주입 없이 응집을 유도 할 수 있다. 장방향 최종침전지에서 이중정류벽이 설치되는 경우에는 최종침전지 유입수의 유체역학적 힘에 의해 이중정류벽 전단에 와류를 발생시키고, 이 와류에 의하여 응집을 유도할 수 있다(Lee and Lee, 2005; Lee, 2013). 그 외 이중정류벽의 효과로는

유체역학적 힘을 억제하여 최종침전지 후단으로 슬러지가 밀리는 현상 방지 및 이로 인한 탈질 발생을 억제 할 수 있다(Lee, 2013). 이처럼 이중정류벽 설치는 침전지 효율을 향상시킬 수 있는 다양한 효과를 기대 할 수 있다.

본 연구에서는 이중정류벽의 최종침전지 효율 개선 효과를 파악하고자 하였다. 이를 위해 경기도 A하수종말처리장 이차침전지에 이중정류벽을 설치·운전하여 실제 하수처리장 운전 자료를 확보하였다. 운전 자료를 기반으로 이중정류벽 유무에 따른 부유물과 유기물 등과 같은 오염물질 처리 효율 개선 효과를 분석하였다.

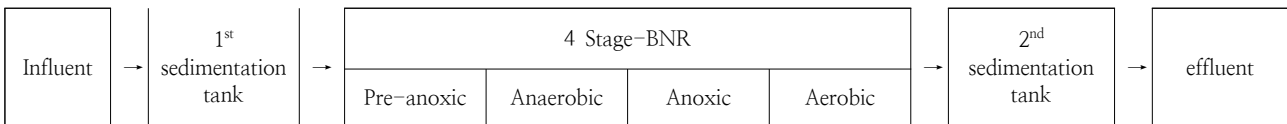
2. 연구대상 시설 및 연구 방법

2.1 연구 대상 시설

본 연구의 연구 대상 하수종말처리시설은 경기도에 위치한 A 하수종말처리장으로 계획 시설용량은 300,000 m³/day, 적용 공법은 4-stage BNR (무산소조 - 혐기조 - 무산소조 - 호기조)이며 이에 대한 모식도는 Fig. 1. (a), 최종침전지에 설치된 이중정류벽은 Fig. 1. (b)에서 확인 가능하다. 약 500일간 이중정류벽 미설치 기간과 약 30일간 이중정류벽 설치 구간을 운전하였으며, Table 1은 연구 대상 하수종말처리장의 운전 조건에 따른 대표적인 최종침전지 설계인자를 보여주고 있다.

Table 1. Design parameters of secondary clarifier

Parameter	Unit	Standard	Design	Max concentration	Min flow rate	Min temperature
MLSS	mg/L	-	3,000	3,500	2,000	3,700
HRT	hr	3~5	6.2	6.2	5.5	6.1
Surface loading rate	m ³ /m ² ·day	15~25	19.4	19.4	22.0	19.8
Solid loading rate	kg/m ² ·day	40~125	87.2	111.3	56.5	124.2



(a) Schematic diagram of A MWTP



(b) Picture of double rectification wall in 2nd sedimentation tank

Fig. 1. Schematic diagram of A MWTP and Picture of double rectification wall.

2.2 SVI 및 수질 분석

Sludge volume (SV)는 슬러지를 30분간 정치시켰을 때, 슬러지가 차지하는 부피를 나타내는 것이며, Sludge volume index (SVI)는 SV에 MLSS를 고려하여 단위 무게에 해당하는 슬러지가 차지하는 부피를 나타낸다. SVI는 슬러지의 침강성을 나타내는 중요한 지표로 SVI가 낮을수록 침강성이 우수하다는 것을 의미한다. SVI의 계산은 아래의 eq(1)을 통해 확인 할 수 있다. 그 외 CODMn, BOD 및 SS항목은 수질오염공정시험법에 의거하여 분석을 실시하였다.

$$SVI = \frac{SV(ml/L) \times 10^3}{MLSS(mg/L)} = \frac{SV(\%) \times 10^4}{MLSS(mg/L)} \quad eq(1)$$

3. 연구 결과

Fig. 2는 약 510일간의 운전 기간 방류수 부유물질 농도를 보여준다. 운전 기간 60 ~ 210일 사이에 방류수 내 부유물질의 농도가 다소 높아지는 경향을 보이고, 270 ~ 300일 구간에서 가장 낮은 방류수 내 부유물질 농도를 보였다. 전체 운전 기간 동안 방류수 부유물질 농도는 7 mg/L 이하의 방류수 농도를 보여 해당 지역 방류수 수질 기준인 10 mg/L를 만족하였다. 특히 봄과 여름이 상대적으로 가을과 겨울에 비해 방류수 내 부유물질 농도가 높은 것으로 조사되었다.

Fig. 3은 이중정류벽 미설치 구간의 방류수 내 부유물질의 계절적 변화를 보여주고 있다. 계절적 변화를 살펴보았을 때 median 값 기준으로 2 ~ 3 mg/L의 차이를 보이며, 전체적으로 농도는 7 mg/L 이하의 농도를 보였다. 특히 봄과 여름철에 가을과 겨울에 비해 상대적으로 높은 부유물

질 농도를 보였는데, 이는 봄과 여름철에 미세 입자의 영향과 최종침전지의 탈질 발생의 영향으로 이와 같은 결과를 보인 것으로 사료된다. 또한 봄과 여름의 경우 가을과 겨울에 비해 상대적으로 최종침전지의 온도가 높는데, 이로 인해 최종침전지 내 탈질이 보다 활발하게 발생한 결과로 생각할 수 있다. 하지만 미세입자와 탈질의 영향은 방류수 수질기준에 영향을 미칠 정도는 아니었던 것으로 판단된다.

Fig. 4는 연구 대상 시설에서 동일한 시기(2014년 5월과 2015년 5월)에 이중정류벽 유·무에 따른 방류수 내 (a) 부유물질 (b) CODMn (c), BOD 농도를 나타내고 있다. 오염을 유발하는 물질은 크게 입자성 물질과 용존상 물질로 구분할 수 있으며, 침전지에서는 주로 입자성 물질의 제거가 이루어진다. 특히 최종침전지는 생물반응조에서 넘어온 슬러지의 제거가 이루어지며, 방류수 수질을 결정하는 중요한 역할을 한다. 즉 최종침전지의 부유물질 제거 효율이 증가한다는 것은 방류수 수질이 개선된다는 것을 의미한다. Fig. 4에서 확인 할 수 있듯이 이중정류벽 설치 후 방류수 내 부유물질, CODMn, BOD 농도가 감소한 것을 확인할 수 있다. 이는 이중정류벽 설치 후 방류수 내 부유물질의 농도가 감소하면서 CODMn와 BOD 농도에 영향을 준 것으로 해석할 수 있으며, 이중정류벽의 영향으로 CODMn와 BOD를 유발하는 입자성 물질의 제거가 이루어진 것으로 설명할 수 있다.

Fig. 5는 이중정류벽이 설치된 구간에서 생물반응조 내 SVI를 나타내고 있다. SVI는 슬러지 침강성을 나타내는 지표로 최종침전지에서의 슬러지 침강성 파악을 위해 측정해야 하는 항목이다. 최종침전지에서 안정적인 침강을 위해서는 100 이하의 SVI를 확보하는 것이 유리하다고 알려져있다. 하지만 100이하의 SVI 확보가 어려울 경우 침강성을

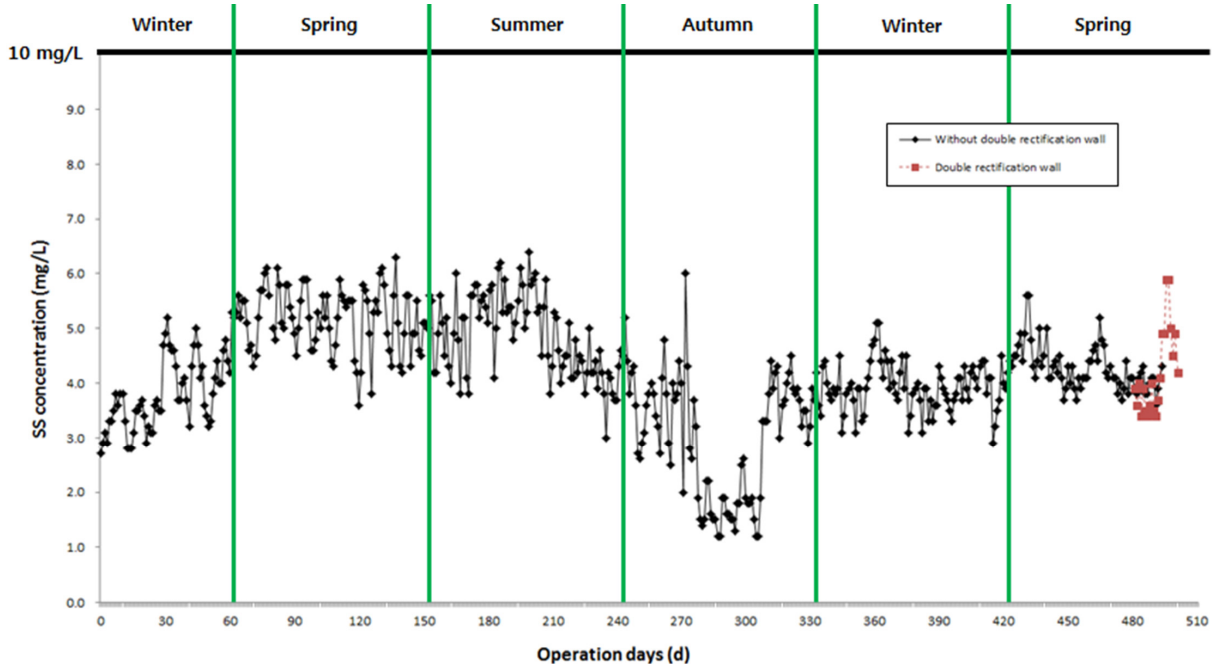


Fig. 2. Operation result of effluent in A MWTP

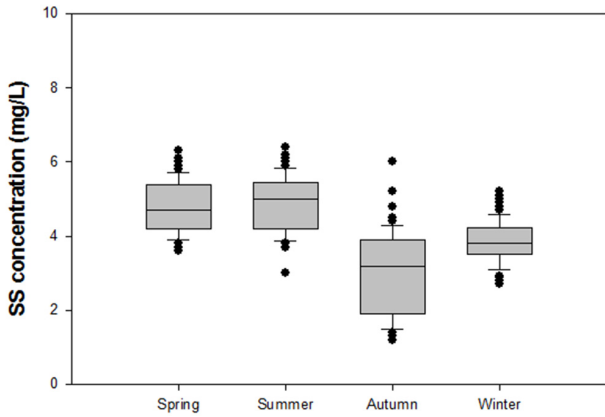


Fig. 3. Change of SS concentration in effluent according to season

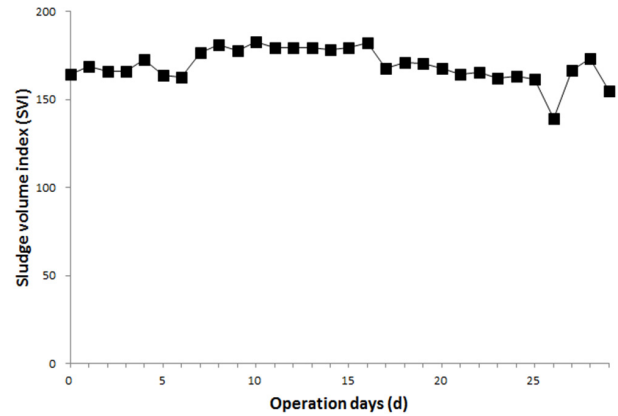
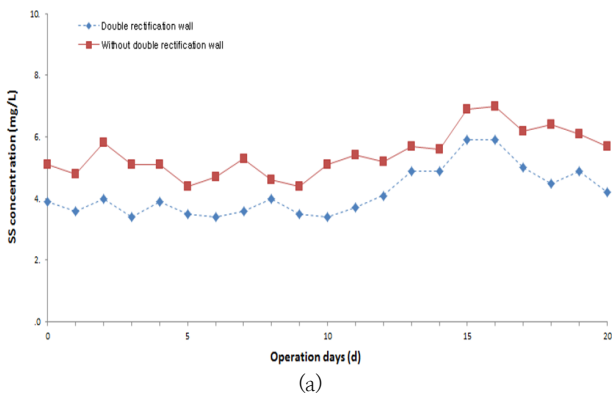
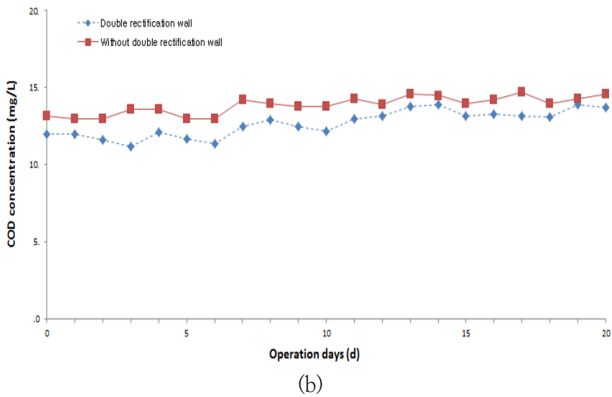


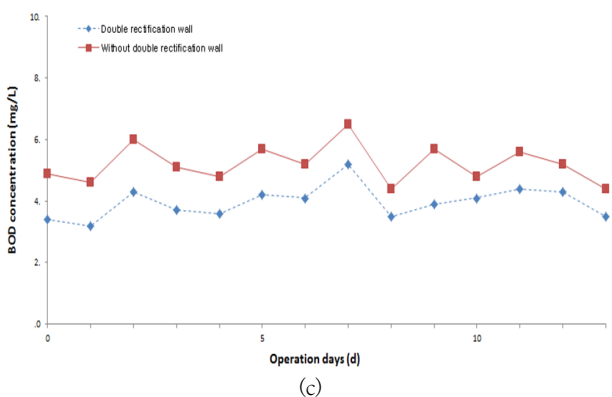
Fig. 5. SVI according to install the double rectification wall



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. Effect of double rectification wall to effluent concentration; (a) SS, (b) CODMn, (c) BOD

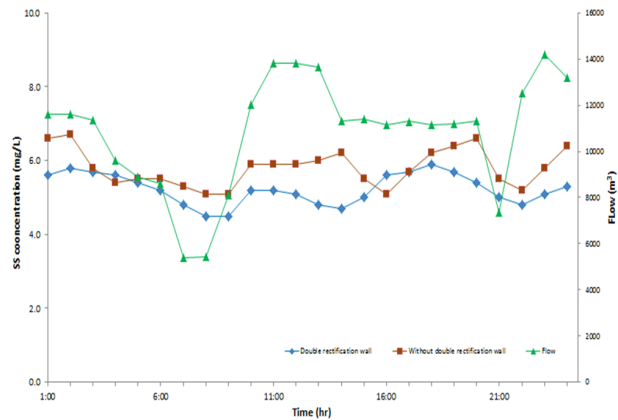


Fig. 6. Change of SS concentration in effluent according to flow

향상시킬 수 있는 기술 도입, 최종침전지 면적 증가 및 체류시간 증가 등과 같은 안정적인 방류수 수질 확보를 위한 방안을 적용해야 한다. 본 연구대상 시설의 SVI는 139 ~ 183, 중앙값은 168을 보였다. 슬러지의 SVI가 100이하인 슬러지가 침강에 유리한 것으로 알려져 있지만, 연구 대상 시설의 SVI는 중앙값 168로 상대적으로 높은 값을 보였다. 이는 최종침전지에서 안정적인 슬러지 침강이 발생하지 않을 수도 있음을 의미한다. 하지만 침강성 개선을 위해 이중정류벽을 설치하였으며, 3.2.4절에서도 언급한 바 방류수 수질기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 이는 이중정류벽의 설치로 인해 SVI가 다소 높은 슬러지에서도 안정적인 침전을 유도할 수 있다는 것을 의미한다.

하수종말처리장 운전 시 최종침전지 유입 유량은 최종 침전지 효율에 영향을 미치며, 유량조정조가 없는 시설의 경우 유입 유량이 최종침전지에 미치는 영향이 커진다. 따라서 유입유량 변화에 따른 방류수의 부유물질 농도를 파악해야 한다. 하수종말처리장에서 최종침전지의 유입 유량이 증가하는 원인은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 우천시 다량의 우수가 유입되는 경우이며, 다른 하나는 시간에 따른 하수 발생량의 변화이다. 본 연구에서는 우천 시 유량 증가의 경우는 제외하고, 시간에 따른 유입 유량 변화가 방류수 부유물질 농도에 미치는 영향을 분석하였다. 시

간에 따른 유입 유량의 변화는 해당 하수처리구역 가정의 생활패턴과 밀접한 관계를 보인다. 일반적으로 각 가정에서 발생하는 하수는 시간대별로 유량 변동이 크다. 오전 및 이른 저녁 시간대에 다량의 하수가 유입되는데, 특히, 오전 시간대에는 새벽 시간대에 하수유입이 최소로 되어 있는 상태에서 급격히 하수유입량이 증가하는 특성을 가지고 있다. 유량조정조가 없는 시설의 경우에는 오전 시간대의 2차 침전지 유입 수량은 새벽시간대의 유입량의 3배 이상이 되는 경우가 발생하기도 한다. Fig. 6은 24시간 동안 최종침전지 유입 유량과 이중정류벽 유무에 따른 방류수 내 SS 농도를 보여주고 있다. 최종침전지 유입 유량 변화를 살펴보면 새벽과 오전시간에 점차 감소하는 경향을 보였으며, 7~8시 최소, 23시 경 최대 유입 유량을 보였다. 최종침전지 유입 유량 변화는 가정의 최대·최소 하수 발생 시간과 다소 차이를 보이는데, 이는 각 가정에서 발생한 하수가 하수종말처리장으로 이송되는 시간과 하수종말처리장에서 최종침전지까지 처리되는 시간의 영향으로 보여진다. 최종침전지 유입 유량에 따른 방류수 내 부유물질 농도는 전반적으로 이중정류벽을 설치한 구간에서 낮은 것으로 나타났다. 이는 최종침전지 유입 유량은 이중정류벽에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다. 이는 이중정류벽은 최종침전지 유입 유량에 관계없이 최종침전지의 부유물질 제거 효과를 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 4-Stage BNR공정으로 운영중인 A 하수종말처리장 최종침전지에서 이중정류벽 설치를 통한 방류수 수질 개선 효과를 파악하고자 하였다.

1) A 하수종말처리장 내 방류수의 부유물질 농도는 미세플럭에 의해 봄과 여름이 가을과 겨울에 비해 높은 농도를 보였다. 하지만 운전기간 동안 부유물질의 방류수 수질기준인 10 mg/L는 만족한 것으로 나타났다.

2) 최종침전지 내 이중정류벽을 설치함에 따라 방류수의 부유물질 농도가 개선되는 효과를 보였다. 더불어 입자성 물질의 제거가 이루어짐에 따라 다른 수질 기준 항목인 방류수 내 CODMn와 BOD의 항목이 감소한 것을 확인할 수 있다.

3) 생물반응조 SVI를 측정된 결과 약 168 mg/L 정도 값을 보였으며, 침전에 유리한 SVI 100 보다 다소 높은 값을 보였다. 하지만 이중정류벽을 설치함에 따라 방류수의 부유물질 농도의 2~3 mg/L 정도 개선된 것으로 나타났으며, 이는 이중정류벽의 효과에 의한 것으로 판단된다.

4) 최종침전지 유입 유량에 따른 방류수 수질 농도의 변화를 분석한 결과 이중정류벽 설치 구간에서 낮은 농도를 보이는 것으로 나타났다. 이는 이중정류벽의 경우 최종침전지 유입 유량에 큰 영향을 받지 않고 최종침전지의 부유물질 제거 효율을 개선할 수 있는 기술로 판단된다.

이중정류벽을 설치함으로써 최종침전지 부유물질 처리 효

율을 개선하여 보다 안정적인 수질 확보, 공공하수처리시설 방류수질기준 및 수질오염총량관리계획 할당부하량 준수 등 강화되는 환경정책에 능동적으로 대처할 수 있을 것이다.

사 사

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- Alastair D. Martin (2004), Optimisation of clarifier-thickeners processing stable suspensions for turn-up/ turn-down, *Water Research*, 38, pp. 1568-1578.
- Byong hi Lee, Yong woon Lee (2005), Increasing SS Removal Efficiency in Rectangular Secondary Clarifier by Double Porous Plates, *J. of Korean Society of Water Quality*, 11, pp. 82-85. [Korean literature]
- Byong hi Lee (2010), Defining optimum configuration for secondary clarifier using computer simulation, *J. of Korean Society of Water and Wastewater*, 24(2), pp. 219-230. [Korean literature]
- Byong hi Lee (2013) Evaluating Two Types of Rectangular Secondary Clarifier Performance at Biological Nutrient Removal Facilities, *J. of Korean Society of Water and Wastewater*, 27(5), pp. 561-570. [Korean literature]
- Changjoon Lee, Duhee Park, Byungsik Chun, Youngwan Shin (2015), A Study on the Inclination Plate Settler Efficiency Increase and Water Quality Improvement, *2015 Proceedings of Korean Geo-Environmental Society*, pp. 81-88 [Korean literature]
- Daewhan Rhu, Euiso Choi (2000), Evaluation of Solids Loading Rates Concerned with Activated Sludge Settling Characteristics in Secondary Clarifier, *J. of the Korean Society of Civil Engineers*, 20(4B), pp. 599-605. [Korean literature]
- Ji won Kim, Sang hyun Kim, Jong sung Yoon (2000), A Study of Numerical Analysis on the behavior of the Suspended Solids in the Secondary Sedimentation Tank of the Sewage Water Treatment Plant, *2015 Proceedings, J. of the Korean Society of Civil Engineers*, pp. 817-820. [Korean literature]
- Jin woo Lee, Young chul Kim (2005), Retrofitting and Renovation of the Secondary Settling Tank, *Korean Society of Civil Engineers*, 53(8), pp. 88-94.
- Kyeong jin Kim, Jeong seob Kim, Lee hyung Kim, Keum chul Yang (2014), Characteristics of Nutrient Uptake by Aquatic Plant in Constructed wetland, *J. of Wetland Research*, 14(1), pp. 817-820. [Korean literature]
- Na seungmin, Kwon heongak, Shin sang min, Son younggyu,

- Shin dongseok, Im tae hyo (2016) A Study on Seasonal Pollutant Distribution Characteristics of Contaminated Tributaries in Nakdong River Basin, *J. of Wetland Research*, 18(3), pp. 301–312. [Korean literature]
- N. Raggul, R. Saraswathi (2014), Design and Development of Secondary Clarifier for Paper and Pulp Industry with a Case Study, *Indian J. of Science and Technology*, 7(12), pp. 1939–1949
- R. Burger, F. Concha, K.H. Karlsen, A. Narvaez (2006), Numerical simulation of clarifier–thickener units treating ideal suspensions with a flux density function having two inflection points, *Mathematical and Computer Modelling*, 44(3–4), pp. 225–275.
- Tanja Preserena, Franci Steinman, Brane Sirok, Tom Bajcar (2013), The theoretical densimetric Froude number values with favourable effect on the clarifier performance, *Chemical Engineering and Processing*, 74, pp. 97–105.
- Young chul, Kim, Woo jin Lee, Min gi Kang (2006), Morphological Parameters of the Sludge Floccs in a Long Rectangular Secondary Settling Tank, *J. of Korean Society on Water Quality*, 22(3), pp. 468–474 [Korean literature]