

토네이도 블록형 선회류 침사제거기의 침사제거효율 평가

Evaluations of Grit Removal Efficiency of Tornado Block-Type Vortex Grit Separator

김종제* · 이범수 · 염철민 · 임희재 · 정석모

Kim, Jong-Je* · Lee, Bum-Soo · Yeom, Cheol-Min · Lim, Hee-Jae · Jung, Seok-Mo

(주)타셋 기술연구소

(2004년 12월 13일 논문 접수; 2005년 5월 25일 최종 수정논문 채택)

Abstract

This study was conducted to evaluate the grit removal efficiency of tornado block-type vortex grit separator. Vortex grit separator was manufactured for this study, and it was characterized by the impeller and tornado block installed in separator. Impeller was installed to increase water velocity in the separator and tornado block was installed to increase the grit lifting efficiency. Pilot study was also conducted in A sewage treatment plant (STP) in Gyeonggi province from November 2003 to May 2004 (64 days). Major findings are as follows.

1. Impeller was proven to increase water velocity in the grit separator, especially in low flow rate. This influence will increase separation ratio of organics from grits, preventing those organics from sedimentation.
2. Sand (with 0.2~0.3mm size) removal efficiency was over 98 % and 96 %, at the flow rate of 500 m³/day and 750 m³/day under the condition that impeller rotation velocity kept at 15 rpm. Originally that grit separator was designed to have the capacity of 500 m³/day. 750 m³/day was tried to investigate the performance of this type of grit separator under overload condition. Stable grit removal was still available to the extent of 150% of designed capacity.
3. It took less than 3 minutes for the grit separator to completely lift out 3 kgs of 0.2-0.3 mm sized, settled sand at the bottom to 2,060 mm high above water surface. But it showed the tendency to spend a little more time on lifting the grit as the grit size and the vertical height of the lift increased.
4. During experimental duration in A STP, it was found that the average amount of inlet grit was about 981 g/day (160-1,685 g/day) under 500 m³/day of operation condition, but it varied so severely during the experimental duration. After classification of discharged grit according to its size, grit with 0.3-0.42 mm size was found as largest part of output.

Key words: vortex grit separator, impeller, tornado block, airlift

주제어: 선회류 침사제거기, 임펠러, 토네이도 블록, 에어리프트

1. 서론

일반적으로 하수처리장 설계에 있어서 처리공정 중 하나로 침사제거설비를 포함한다. 침사가 야기하는 가장 심각한 문제로는 펌프 및 기계의 마모를 들 수 있다. 또한 무거운 침사가 배관이나 수로에 축적되면 수리학적인 용량이 감소되고, 수두손실이 증가되며, 이로 인해 부가적인 작업을 증가시킬 수 있다. 제거되지 않은 침사가 포기조나 소화조로 유입될 경우 산기관의 운전효율을 감소시키거나 소화조의 부피 감소 및 소화공정에 역효과를 초래한다. 그러나 모든 침사물이 문제를 일으키는 것은 아니다. 문제가 되는 것은 주로 200 μm 이상 크기의 입자이다 (Metcalf and Eddy, 1991). 75 μm 이하의 세사는 적은 양으로 존재하며, 일반적으로 기계적인 마모를 야기하지 않는다 (Gardner and Deamer, 1996; Hides, 1999).

침사제거설비로는 자유낙하속도에 의하여 모래 및 협잡물을 제거하는 중력식 침사지, 바닥에 산기관을 설치하여 침사지내의 하수에 선회류를 일으켜 원심력으로 침사를 제거하는 포기식 침사지, 선회류 흐름을 만들도록 유체가 접선방향으로 유입되어 원형침사지 내에서 원심력과 중력에 의해 침사를 제거하는 선회류 침사제거기 등이 있다. 중력식 침사지에서는 침사에 붙어있는 유기물이 함께 제거되어 침사가 부패하기 쉬웠던 반면에 포기식 침사지에서는 일종의 세척 작용에 의해 침전된 침사에 유기물이 비교적 적고, 예비포기의 효과도 누릴 수 있다. 선회류 침사제거기는 이보다 침사제거효율이 더 좋으며, 깨끗한 침사를 얻을 수 있고, 소요 부지면적도 적다는 장점이 있어 이에 대한 관심이 늘고 있다(염 등, 2004).

선회류에 의한 오염물질 제거는 1960년대에 Smission에 의해 최초로 개발된 수리동력학적 선회류 분리기(Hydrodynamic Vortex Separators, HDVS)의 개발로부터 시작된다(Smission, 1967). 그 이후로 HDVS의 역사, 운전, 설계 및 성능에 대하여는 이미 많은 연구자들에 의해 보고된 바 있다(Hedges, 1991; Fagan, 1993; Andoh & Harper, 1993; Andoh & Smission, 1994; Andoh, 1998). HDVS의 성능은 실제공정에서 고형물 제거율이 72~80%, COD 제거율이 70~80%로 알려졌다(Brombach, 1992; Brombach

et al., 1993).

기존의 선회류 침사제거기에서는 바닥면이 수평으로 구성되어 있어 침사물을 중앙으로 포집하기 위해서 많은 구심력이 필요하고, 이를 위한 많은 동력이 요구된다는 점과 침사인양에 있어서도 수증펌프를 이용하고 있어 침사인양시에 펌프 주변의 침사만 흡입되므로 침사제거기 내부의 사각지역에 축적된 침사의 인양효율이 낮다는 점 등이 단점으로 지적되고 있다. 그러나 국내에서 적용하고 있는 선회류 침사제거기는 대부분 외국의 기술을 도입하여 사용하고 있을 뿐 아직까지 위와 같은 점을 고려한 선회류 침사제거기 개발을 위한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 임펠러와 토네이도 블록(Tornado Block)을 설치한 것을 특징으로 하는 선회류 침사제거기를 제작하여 침사제거효율과 제거된 침사의 인양효율을 평가하였고, 이를 선회류 침사제거기 개발을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다. 이를 위해서 1) 선회류 침사제거기의 유속특성을 조사하였고, 2) 임펠러 회전속도 및 유입유량에 따른 침사제거효율을 조사하였다. 또한 3) 에어리프트(Airlift) 방법을 이용한 침사인양효율을 침사입경 및 토출양정에 따른 토출시간으로 조사하였으며, 4) 선회류 침사제거기를 실제 하수처리장에 적용하여 하수처리장의 침사제거 특성을 살펴보았다.

2. 연구방법

2.1. 실험장치의 구성

본 연구에 사용된 선회류 침사제거기의 구성상 특징으로는 첫째로 선회류 유속 증가 및 와류를 발생시키기 위해 침사제거기에 임펠러를 설치하였고, 둘째로 침사의 인양에 있어 기존의 수증펌프에서 발생하는 마모라는 문제점을 보완하기 위해 에어리프트(Airlift) 방법을 이용하였다. 셋째로 침사인양시 침사 호퍼 내부의 침사유동성을 극대화하기 위해 토네이도 블록(Tornado Block)을 설치하였고, 넷째로 기존의 선회류 침사제거기의 바닥면이 수평인데 반하여 침사물을 효과적으로 포집하기 위해 바닥면을 경사로 구성하고, 침사제거기 중앙에 침사호퍼를 두었다는 점을 들 수 있다.

Fig. 1은 선회류 침사제거기의 실험장치 개요도를

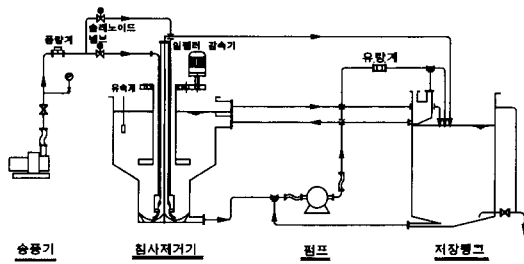


Fig. 1. 실험장치 개요도.

나타낸 것이다. Fig. 1에서 침사제거기는 용량 500m³/day, 직경 1,000mm, 높이 1,145mm 규격의 투명아크릴 재질로 설계하였고, 하단에 Fig. 2와 같은 형상을 갖는 MC-Nylon 재질의 토네이도 블록을 설치하였다. 토네이도 블록은 침사호퍼 내부에 설치되어 침사가 인양되지 않는 사각지역을 없애주는 효과를 갖는 것으로, 침사인양시 에어리프팅을 위해 주입된 공기가 흡입 chamber에 설치된 노즐을 통해 분사되면 이에 따라 블록 위쪽으로 침전된 침사에 유동이 발생하여 침사가 모두 흡입 chamber 내로 흡입되어 토출된다.

임펠러는 선회류 침사제거기의 직경이 감소되는 높이에 4개를 설치하였으며, 임펠러 설치각도는 임펠러 수평 바닥면으로부터 유입되는 유속방향을 기준으로 135도로 설치하였다. 저장탱크는 용적 0.8m³의 스테인레스 스틸 재질로 설계하였고, 상단에 모래투입을 위한 완충탱크를 설치하였다. 물의 유입을 위해서는 0.5m³/min 용량의 펌프를 사용하였고, 침사인양시 공기주입을 위해 1m³/min 용량의 송풍기를 사용하였다. 유속은 선회류 침사제거기의 유입구 반대방향에서 내벽과 수면으로부터 일정 거리에서 항상 동일한 위치에서 측정하였다.

운전순서를 살펴보면 침사제거효율 평가시에는 저장탱크에 물을 채우고, 저장탱크 하부에서 물을 펌핑하여 일정유량씩 완충탱크로 보냈다. 완충탱크에서는 자연유하에 의해 물이 침사제거기로 유입되며, 이 때 완충탱크에서 침사물로서 미리 준비된 모래를 투입하였다. 침사제거기에서 침사가 제거된 처리수는 유출수로 통하여 저장탱크로 반송된다. 저장탱크로 반송되는 유출수에서 침사제거기에서 제거되지 않고 유출되는 침사를 포집하였으며, 이를 이용하여 침사제거효율을 평가하였다. 침사인양효율 평가시에는 송풍

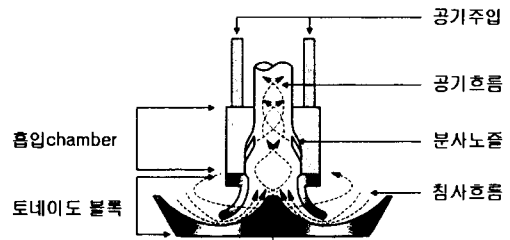


Fig. 2. 토네이도 블록의 형상 및 원리.

기를 이용하여 침사제거기로 공기를 주입하였으며, 주입된 공기에 의해 부상된 침사물은 저장탱크로 유입하도록 하였고, 여기에서 침사물을 포집하여 침사인양효율 평가에 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 선회류 침사제거기의 유속특성

선회류 침사제거기의 침사제거효율을 평가하기 이전에 제작된 선회류 침사제거기가 갖는 유속특성을 조사할 필요가 있다. 이를 위해 임펠러 회전속도와 유입유량을 변경하면서 유속을 측정하였다. 임펠러 회전속도는 구동모터를 인버터로 조절하여 0, 15, 20, 30rpm의 4가지 회전속도를 적용하였다. 유입유량은 전자기식 유량계를 이용하여 200, 350, 450, 500, 550, 600m³/day의 6가지 유량을 적용하였다. 유속의 측정은 3차원 전자기식 유속계를 이용하여 침사제거기 내벽으로부터 8.5cm 거리, 수면으로부터 8.5cm 깊이의 동일한 위치에서 측정하여 이를 합성유속으로 나타내었다.

2.2.2. 침사제거효율

침사제거효율은 임펠러 회전속도와 유입유량에 따라 측정하였다. 이 때 임펠러 회전속도는 15, 20, 30rpm을 적용하였는데 제거효율에 어느 정도의 경향이 확인되어 그 이외의 회전속도에서의 실험은 배제하였다. 유입유량은 본 연구를 위해 제작된 침사제거기의 설계용량이 500m³/day임을 감안하여 400, 500, 600m³/day와 설계용량의 1.5배인 750m³/day를 적용하였다. 침사제거효율 평가에 사용된 모래는 경기도 지역의 해변에서 채취하였다. 침사지는 일반적으로 하수중에 존재하는 직경 0.2mm 이상의 입자 제거를 목적으로 하고 있다(환경부, 1998). 본 연구에서는 채취된 모래를 체거름으로 입경 0.2~0.3mm의 모래

만을 분류하여 침사제거기의 제거효율 평가에 사용하였는데, 그 이상 크기의 모래는 침사지에서 쉽게 침강될 수 있을 것으로 예상되어 이에 대한 제거효율 평가가 갖는 의미가 적을 것으로 판단되었기 때문이다. 체거름으로 분류된 입경 0.2~0.3mm의 모래 1kg(건조중량)을 완충탱크에서 투입하여 침사제거기에서 침강되지 않고 유출되는 모래는 저장탱크에서 포집하였다. 이 때 유출수가 넘치지 않도록 별도로 높이를 높여 제작한 체거름 장치를 이용하였다. 포집된 모래의 건조중량을 측정하여 침사제거율 산정에 사용하였다. 침사제거율 산정은 다음의 식을 따랐다.

$$\text{침사제거율}(\%) = \frac{\text{침사투입량}(g) - \text{침사유출량}(g)}{\text{침사투입량}(g)} \times 100$$

2.2.3. 침사인양효율

침사인양효율은 에어리프트 방법에 의해 침사입경과 토출양정에 따라 침사가 100% 토출되는데 소요되는 시간으로 조사하였다. 침사가 100% 토출되었는지의 여부는 침사제거기가 투명아크릴 재질로 제작되었기 때문에 육안으로 확인하였다. 침사인양효율의 평가는 침사제거기에 침강된 모래를 에어리프트 방법에 의해 얼마나 효과적으로 토출하는지를 평가하기 위한 것이다. 실제 하수처리장에서는 다양한 크기의 입자가 유입되어 침사지에서 제거되므로 여기에서는 침사제거효율 평가에서와는 달리 0.2~0.3mm 크기보다 무거운 입자의 인양효율도 평가해 볼 필요가 있다. 따라서 침사인양효율 평가에서는 모래로써 0.2~0.3mm, 0.3~0.42mm, 0.42~0.6mm 크기의 모래를 각각 사용하였다. 0.2~0.3mm 크기의 모래 3kg을 침사제거기에 투입하고, 에어리프트 방법에 의해 100% 토출되는데 소요되는 시간을 측정하였다. 0.3~0.42mm 크기의 모래와 0.42~0.6mm 크기의 모래를 이용하여도 같은 방법으로 침사인양효율을 평가하였다. 토출양정은 수면으로부터 최소 1,560mm에서 최대 2,060mm까지 100mm 간격으로 총 6단계를 적용하였다. 이 때 침사제거기 내부의 수면높이는 바닥으로부터 980mm이었다.

2.2.4. 선회류 침사제거기의 하수처리장 적용

본 연구에서 제작된 선회류 침사제거기의 하수처리장 적용을 위해 침사제거기를 경기도에 위치하는 A

하수처리장에 설치하였다. 하수처리장 적용 실험은 2003년 11월부터 2004년 5월까지 총 64일간 총 4회에 걸쳐 수행하였다. 각 조사기간별 유입유량과 침사제거량을 조사하였으며, 제거된 침사의 입경별 분포를 체거름에 의해 0.2mm 이하, 0.2~0.3mm, 0.3~0.42mm, 0.42~0.5mm, 0.5~0.6mm, 0.6~0.71mm, 0.71~1.0mm, 1.0~2.0mm으로 구분하여 조사하였다.

3. 연구결과

3.1. 선회류 침사제거기의 유속특성

Fig. 3은 선회류 침사제거기의 임펠러 회전속도 및 유입유량에 따른 유속을 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보면 임펠러의 회전속도가 클수록 유속이 빠르고, 유입유량이 적을수록 임펠러의 회전으로 인한 유속증가 폭이 크게 나타남을 알 수 있다. 선회류 침사제거기에서 유입유량이 설계용량보다 적으면 유속이 느려지고, 이에 따라 침사와 더불어 미세한 유기물까지 침사호퍼에 축적될 수 있다. 이는 결국 침사인양을 빈번히 수행하지 않을 경우 침사호퍼에 이물질 퇴적되어 침사인양에 어려움을 줄 수 있으며, 또한 유기물의 부패로 인한 침사의 부패로 이어질 가능성도 배제할 수 없다. 이러한 점을 고려할 때 선회류 침사제거기에 적은 유량이 유입되는 경우에 임펠러 회전으로 인해 침사제거기 내부의 유속을 증가시켜 침사로부터 미세한 유기물을 효과적으로 분리하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

이와 반대로 유입유량이 설계용량보다 많으면 유속이 빨라지고, 이에 따라 침사호퍼에 제거된 침사가 부상하게 될 수도 있다. 이 경우에 있어 임펠러는 침

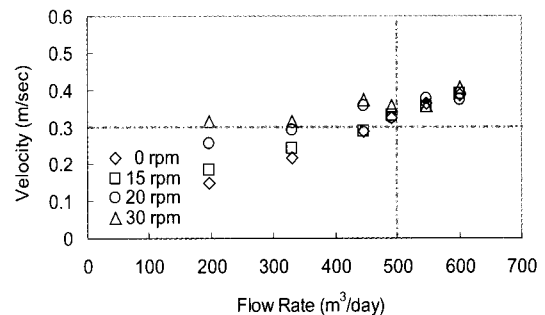


Fig. 3. 임펠러 회전속도 및 유입유량에 따른 유속변화.

사제거기 내부의 유속을 저감시키는 기능을 수행하게 되어 침사제거기에 침강된 모래의 부상을 감소시키는 효과를 달성할 수 있을 것으로 생각된다. 한편 본 연구에서 제작한 선회류 침사제거기는 현재의 하수도시설기준(환경부, 1998)에서 표준으로 제시하고 있는 침사지의 평균유속 0.3m/sec를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2. 침사제거효율

Fig. 4는 선회류 침사제거기의 임펠러 회전속도 및 유입유량에 따른 침사제거효율을 나타낸 것이다. 선회류 침사제거기의 제거효율 평가에서는 0.2~0.3mm 크기의 모래만을 이용하였는데 침사제거기에서 침강되지 않고, 유출되는 양을 조사함으로써 제거효율을 평가하였다. **Fig. 4**에서 보면 임펠러의 회전속도가 작을수록 제거효율이 높은 것으로 나타났다. 임펠러 회전속도가 15rpm인 경우를 살펴보면 유입유량이 선회류 침사제거기의 설계용량인 500m³/day에서 침사제거효율은 98%를 상회하였고, 설계용량의 1.5배인 750m³/day에서도 침사제거효율은 96% 이상으로 높게 나타났다. 그러나 이러한 제거효율에는 모래가 침사제거기를 통해 유출되는 동안 잘게 분쇄되어짐으로써 다소 과다하게 평가되었을 가능성도 배제할 수 없다.

한편 **Fig. 4**의 결과로 미루어 볼 때 임펠러의 회전속도가 0rpm인 경우, 즉 임펠러가 없는 경우의 침사제거효율은 임펠러를 회전시키는 경우보다 제거효율 면에서 우수할 것으로 예상된다. 그렇지만 임펠러를 회전시키는 현재의 조건으로서도 높은 제거효율이 달성되고 있고, 또한 **Fig. 3**에서 언급한 바와 같이 임펠러의 회전으로 인한 선회류 유속 증가뿐만 아니라 와류발생 효과도 기대할 수 있어 침사로부터의 유기물 분리라는 측면에서는 보다 효과적일 것으로 예상된다. 이러한 효과는 결국 침사제거기 내부에서 침사와 유기물이 함께 침전 퇴적되어 발생하는 침사인양에 있어서의 어려움을 해소시켜 줄 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 선회류 침사제거기의 현장적용에 있어 침사제거효율뿐만 아니라 제거된 침사의 인양효율성도 함께 검토되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 개발된 선회류 침사제거기가 기존의 침사제거기에 비해 어느 정도 효율이 향상되었는지를

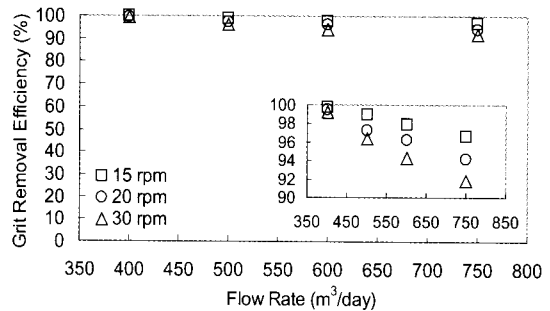


Fig. 4. 임펠러 회전속도 및 유입유량에 따른 침사제거효율(0.2~0.3mm 크기의 모래).

확인하기 위해서는 하나의 방법으로 침사로부터의 유기물 분리효율이 어느 정도인지를 조사하는 것이 필요하다. 그러나 본 연구는 선회류 침사제거기 개발의 기초연구로써 임펠러 회전이 어느 정도로 침사와 유기물의 분리효율을 갖는지에 대해 구체적으로 밝혀내지 못하였다. 이러한 점이 본 연구의 한계성으로 지적될 수 있지만, 이에 대해 향후 실험적 근거를 확보할 계획이다.

3.3. 침사인양효율

Fig. 5는 선회류 침사제거기에서 제거된 침사의 인양효율을 평가하기 위해 각 토출양정에서 에어리프트 방법에 의해 3kg의 침사가 100% 토출되는데 소요되는 시간을 침사의 입경크기별로 나타낸 것이다. **Fig. 5**에서 보면 일반적으로 예상되듯이 침사의 입경이 작을수록, 토출양정이 낮을수록 침사를 100% 인양하는데 짧은 시간이 소요되는 것을 볼 수 있다. 입경크기 0.2~0.3mm인 침사의 경우 토출양정 2,060mm에서 100% 인양하는데 3분 정도의 짧은 시간이 소요되는 것으로 나타났다.

일반적으로 하수처리장에서의 침사입경분포는 이보다 다양하고, 따라서 **Fig. 5**의 결과치보다 다소 긴 시간이 소요될 수 있다. 그렇지만 여기서 주목할 점은 기존의 침사지와 비교할 때 침사인양시간이 훨씬 짧고, 침사인양에 수중펌프를 이용하는 기존의 선회류 침사제거기와 비교할 때 본 연구에서는 토네이도 블럭을 사용함으로써 100%의 침사인양이 가능했다는 점이다. 수중펌프를 이용한 침사인양은 펌프 주변의 침사만 흡입되므로 침사호퍼 내부의 사각지역에 축적된 침사인양에는 어려움이 있었다.

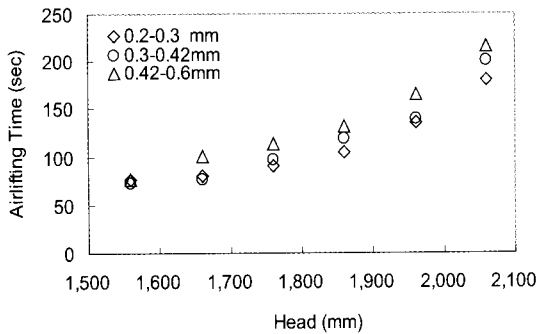


Fig. 5. 침사입경 및 토출양정에 따른 토출시간.

3. 4. 선회류 침사제거기의 하수처리장 적용

Table 1은 본 연구에서 제작된 설계 용량 500m³/day인 선회류 침사제거기를 경기도에 위치한 A하수처리장에 적용하여 조사된 침사제거량을 나타낸 것이다. Table 1에서 보면 전체 조사기간 중에 일 평균 침사제거량은 약 981g/day 정도이었다. 또한 A하수처리장에서의 침사제거량은 조사기간에 따라 매우 불규칙한 것으로 나타났다. 특히 실험 1과 실험 3

이 비슷한 유입유량임에도 불구하고 침사제거량은 10배 정도의 차이를 보이는데 그 이유에 대하여는 Table 2에서 설명하였다.

Table 2는 A하수처리장에서 제거된 침사의 입경별 분포를 건조중량으로 나타낸 것이다. Table 2에서 보면 입경분포의 범위가 넓은 0.71~1.0mm, 1.0~2.0mm인 경우를 제외하면 입경 0.3~0.42mm 크기의 침사가 다른 입경크기의 침사에 비하여 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 또한 Table 2에서 입경 0.71~1.0mm 구간과 입경 1.0~2.0mm 구간의 침사 무게 누적치를 살펴보면 실험 3을 수행한 기간(2004. 4. 2.부터 18일간)의 침사가 차지하는 비율이 월등히 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 Table 1에서 실험 1과 실험 3의 유입유량이 비슷한 수준임에도 불구하고 침사제거량에 있어서 큰 차이를 보이는 이유 중 하나로 실험 3의 기간 동안 비교적 입자가 큰 침사가 많이 유입되었기 때문인 것으로 추정되지만 그 이유에 대하여는 아직까지 확인되지 않았다.

Table 1. A하수처리장에서의 침사제거량

Category	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4	Average (64 days)
	2003.11.22.~12.3. (12 days)	2004.2.24.~3.8. (14 days)	2004.4.2.~4.19. (18 days)	2004.4.24.~5.13. (20 days)	
Avg. Flow Rate (m ³ /day)	533	761	495	648	608
Avg. Removed Grit Weight (g/day)	160	609	1,685	1,102	981

Table 2. A하수처리장 침사의 입경별 분포

Grit Diameter (mm)	Experiment 1 2003.11.22.~12.3. (12 days)	Experiment 2 2004.2.24.~3.8. (14 days)	Experiment 3 2004.4.2.~4.19. (18 days)	Experiment 4 2004.4.24.~5.13. (20 days)	Total
0.2 이하	5	47	34	80	166
0.2-0.3	8	86	40	138	272
0.3-0.42	16	96	96	191	399
0.42-0.5	15	76	74	84	249
0.5-0.6	8	41	116	130	296
0.6-0.71	9	46	130	141	326
0.71-1.0	26	65	354	187	632
1.0-2.0	72	153	841	151	1216
Total	160	609	1685	1102	3,556

4. 결 론

본 연구에서는 임펠러와 토네이도 블록을 설치한 것을 특징으로 하는 선회류 침사제거기의 침사제거효율과 제거된 침사의 인양효율을 평가하였고, 이를 실제 하수처리장에 적용하였다. 본 연구에서의 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 선회류 침사제거기 내부에서 임펠러를 회전 시킴으로써 적은 유량 유입시 유속을 증가시킬 수 있었으며, 이러한 유속증가 효과는 유입유량이 낮을수록 더 컸다. 임펠러의 회전은 적은 유량 유입시 유속을 증가시켜 침사제거기에 유기물까지 침전되는 현상을 감소시키고, 많은 유량 유입시 유속을 감소시켜 침사호퍼에 제거된 침사의 부상을 감소시키는 효과를 기대할 수 있다.

둘째, 임펠러 회전속도 15rpm에서 유입유량이 설계용량과 같은 500m³/day인 경우 선회류 침사제거기가 갖는 입경 0.2~0.3mm인 침사의 제거효율은 98%를 상회하였다. 유입유량이 설계용량의 1.5배인 750m³/day인 경우에도 침사제거효율이 96% 이상으로 높게 나타나 유량변화에 대해서 안정적인 처리가능함을 알 수 있었다.

셋째, 선회류 침사제거기에 토네이도 블록을 설치함으로써 침사유동을 극대화하여 침사인양에 있어 침사호퍼 내부의 사각지역에 축적되는 침사까지 100% 인양이 가능하였다. 또한 침사입경이 작을수록, 토출양정이 낮을수록 침사인양에 소요되는 시간이 짧은 것을 확인하였다. 입경크기 0.2~0.3mm인 경우 토출양정 2,060mm에서 침사 3kg을 100% 인양하는데 3분 정도의 시간이 소요되었다.

넷째, 본 연구에서 사용된 설계용량 500m³/day인 선회류 침사제거기를 실제 하수처리장에 적용한 결과 조사대상 하수처리장에서는 조사기간 중에는 평균 981g/day(160~1,685g/day)의 침사가 제거되었으나 침사제거량은 조사시기에 따라 변동이 심했다. 한편 제거된 침사 중에는 입경크기 0.3~0.42mm인 침사가 가장 많이 분포하였다.

참고문헌

- 환경부 (1998) 하수도시설기준.
- 엄철민, 신경무, 박노연 (2004) 하수처리장에서 수력학적 와류형 분리장치를 이용한 침사제거, *상하수도학회지*, **18**(2), pp. 94-98.
- Andoh, R.Y.G. and Harper, I. (1993) *The Swirl-Flo™ Process for High Rate Physico-Chemical Treatment at Wastewater Treatment Works*. London: Hydro Research and Development Ltd. Publications.
- Andoh, R.Y.G. and Smission, R.P.M. (1994) High Rate Sedimentation in Hydrodynamic Separators. In *Proceedings of the 2nd international Conference on Hydraulic Modeling Development and Application of Physical and Mathematical Models*, Stratford, UK, pp. 341-358.
- Andoh, R.Y.G. (1998) Improving Environmental Quality Using Hydrodynamic Vortex Separators. *Water Quality International*, January/February.
- Brombach, H. (1992) Solids Removal from Combined Sewer Overflows with Vortex Separators. In *International Conference on Innovative Technologies in the Domain of Urban Storm Drainage, NOVATEC 92*, Lyon, France.
- Brombach, H., Xanthopoulos, C., Hahn, H.H., and Pisano, W.C. (1993) Experience with Vortex Separators for Combined Sewer Overflow Control. *Wat. Sci. Tech.*, **27**(5-6), pp. 93-104.
- Fagan, G.W. (1993) A Quality Assessment of Dynamic Experiences: the UK experience. In *International Conference on Urban Storm Drainage (ICUSD)*.
- Gardner, P. and Deamer, A. (1996) An Evaluation of Methods for Assessing the Removal Efficiency of a Grit Separation Device, *Wat. Sci. Tech.*, **33**(9), pp. 269-275.
- Hedges, P.D. (1991) The Performance of the Hydrodynamic Separator Combined Sewer Overflow. *Hydro Research and Development Ltd. Conference on Practice and Performance*, London, UK.
- Hides, S. P. (1999) Grit Removal at Municipal Wastewater Treatment Plants, *Proc. the Florida Water Resources Conf.*, Tallahassee F.L.
- Mecalf and Eddy (1991) *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, McGraw-Hill, Inc.
- Smission, B. (1967) Design, Construction and Performance of Vortex Overflows. In *Symposium on Storm Sewage Overflows, Institution of Civil Engineers (ICE)*, London, pp. 99-110.