

— 기술정보 —

## 하수처리장에서 수력학적 와류형 분리장치를 이용한 침사제거

— Technical Report —

### Grit Removal Using Hydrodynamic Vortex Separator in Municipal Wastewater Treatment Plants

염철민\* · 신경무 · 박노연

Yeom, Cheol-Min\* · Shin, Kyung-Moo · Park, No-Yeon

(주)다이아 엔지니어링사업본부

#### 1. 서론

하수처리장 설계에 있어서 처리공정 중의 하나로 침사제거설비가 포함되는 것이 일반적이다. 침사제거설비는 보통 하수처리장 전단의 스크린설비와 침전지 사이에 위치한다. 침사가 야기하는 가장 심각한 문제는 펌프 및 기계의 마모이다. 예를 들어 침전지로 유입된 침사는 체인, 스크래퍼 블레이드, 슬러지 펌프 등의 수명을 현저히 감소시킨다. 침사가 배관이나 수로에 축적되면 수리학적인 용량이 감소되고, 수두손실이 증가된다. 무거운 침사가 유입되는 경우 배관 및 수로가 막힐 우려가 있다. 펌프배관내의 침사 축적은 부가적인 작업을 증가시킬 수 있다. 포기조에서 침사물은 조바닥에 침전될 수 있으며, 만약 침사가 규칙적으로 제거되지 않으면 산기관의 운전효율이 감소된다. 이와 비슷하게 침사가 소화조에서 축적되면 소화조의 부피를 감소시키며, 소화공정에 역효과를 야기한다. 그러나 모든 침사물이 문제를 일으키는 것은 아니다. 문제가 되는 것은 주로  $200\mu\text{m}$  크기의 입자이다(Metcalf and Eddy, 1991).  $75\mu\text{m}$  이하의 세사는 적은 양으로 존재하며, 일반적으로 기계적인 마모

를 야기시키지 않는다(Gardner and Deamer, 1996; Hides, 1999).

본 원고에서는 침사제거설비의 종류 및 특성에 대하여 간략히 살펴보고, 그 중에서 수력학적 와류형(Vortex) 침사제거설비 중 하나인 Grit King®의 구조 및 기능, 처리공정, 제거효율에 대하여 간략히 소개하고자 한다. Grit King®은 하수, 상수, 폐수 등 모든 경우에 적용할 수 있는 침사제거장치로 영국에서 1960년대에 개발되어진 이래, 지난 40여 년 동안 발전되어 전세계에 많은 설치실적을 가지고 있는 것으로 알려져 있다.

#### 2. 본론

##### 2.1. 침사제거설비의 종류 및 특성

침사제거설비의 종류로는 중력식, 포기식, 와류식(Vortex) 등이 있다. 중력식은 주로 자연낙하속도에 의존하여 모래 및 협잡물을 제거한다. 포기식은 나선형의 속도를 형성시키는 나선형 흐름 포기조로 구성되며, 조의 치수 및 장치에 공급되는 공기량에 의해 조절된다. 와류식은 볼텍스(Vortex) 흐름을 만들도록 유체가 접선방향으로 유입되어, 원형 침사지내에서

\*Corresponding author Tel.: +82-2-3441-9390, Fax: +82-2-511-8935, E-mail: cmyeom@di.co.kr (Yeom, C.M.)

Table 1. 침사제거설비의 종류 및 특성

항목	중력식	포기식	와류식
설계기준 · 설계유량 · 평균유속 · 체류시간	시간 최대 유량 0.3m/초 30~60초	시간 최대 유량 - 60~180초	시간 최대 유량 일최대 0.6~0.9m/초 15~45초
제거효율	- 설계 유속에서는 제거 효율이 좋으나 그 범위를 벗어나면 제거효율이 떨어짐	- 비교적 좋은 편	- 제거효율이 좋음
장점	- 유량조절 필요없음 - 손실수두 적음	- 유량변동에 상관없이 일정한 제거효율을 가짐 - 손실수두가 적음 - 포기율을 조절함으로써 유기물이 제거된 깨끗한 침사를 얻을 수 있음 - 침사지가 화학약품첨가 혼합, 전폭기, 응집 등의 목적으로 사용 가능	- 유량변동에 상관없이 일정한 제거효율을 가짐 - 손실수두가 적음 - 부지면적이 작아 공사비 저렴 - 에너지 소모량이 적음 - 미세 입자에 대해서도 높은 제거효율 가짐 - 유기물이 제거된 깨끗한 침사를 얻을 수 있음
단점	- 충분한 침전을 위한 소요부지면적 증대 - 토목구조물이 큼 - 공사비가 비쌈 - 다양한 유량에 있어서 설계유속 유지 곤란 - 설계유속에서 벗어나는 경우 제거효율 감소 - 침사에 붙어있는 유기물이 함께 제거되어 침사가 부패하기 쉬움	- 전력소모량이 많음 - 폭기시스템의 유지관리 및 제어를 위한 부가적인 노력 필요	원형지로 인해 시공이 다 소 어려움

원심력과 중력에 의해 침사물이 제거된다.

Table 1에 침사제거설비의 종류에 따른 특성을 나타내었다. 과거에는 중력식 침사제거설비가 주로 설치되었으나, 근래 들어 침사제거효율이 더 좋으며, 소요부지 면적도 적은 와류식 침사제거설비의 도입이 기하급수적으로 증가하고 있다.

## 2.2. 와류식 침사제거장치 Grit King®의 구조 및 기능

Fig. 1은 와류식 침사제거장치 Grit King®의 구조를 나타낸 것이다. 각 구성요소에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

### ① 유입구(Inlet Pipe)

원수가 유입되는 부분으로 유입되는 유체를 침사

분리장치 Grit King®에 접선방향으로 유도한다.

### ② 와류형 배플(Dip Plate)

난류를 최소화하는 구조로 되어있으며, 하향류 회전흐름과 상향류 회전흐름이 만나는 속도가 제로가 되는 지점에 위치하게 된다. 상향류와 하향류의 경계를 만들어 침사제거효율을 극대화한다.

### ③ 중앙 콘(Center Cone)

침사제거장치 내벽과 와류형 배플 사이에서는 하향류를 유도하고, 와류형 배플과 중앙 샤프트(Center Shaft) 사이에서는 상향류를 유도하며, 침전된 고형물이 재부유하는 것을 방지한다.

### ④ 저장 호퍼(Grit Pot)

침사를 저장하는 곳으로, 수증펌프에 의해 주기적으로 침사(Grit)를 제거한다. 지의 바닥은 약 30°C

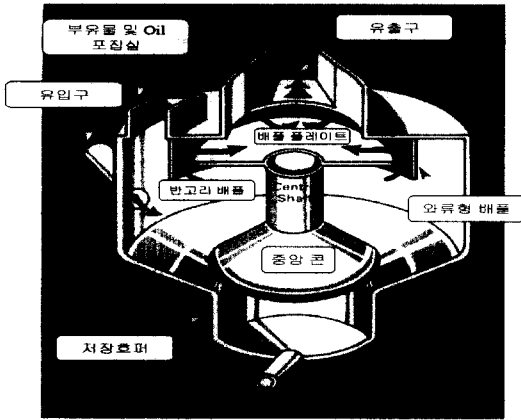


Fig. 1. 와류식 침사제거장치 Grit King®의 구조

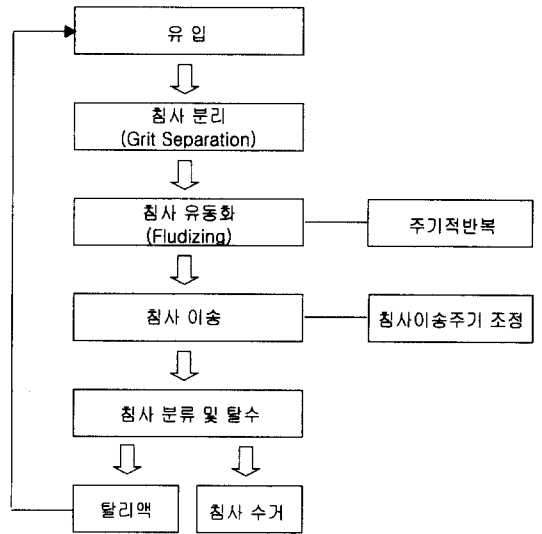


Fig. 2. Grit King® 처리공정 개요도

의 경사가 있어 침사가 중앙으로 모이게 된다.

⑤ 반고리모양 배플(Annular Baffle)

단락류를 막기 위해 설치된 것으로 유체의 이동경로를 길게 한다.

⑥ 부유물 포집실(Floatable Trap)

와류형 배플과 Grit King® 외벽 사이의 환형공간에 부유물질, 오일, 그리스, 그리고 스크럼을 저장하였다가 제거하는 공간이다. 부유물질 포집은 웨어 디센터를 사용하거나 밸브를 설치하여 배출이 되도록 한다.

⑦ 유출구(Overflow Channel)

Grit King® 침사제거장치와 유입수로 내의 수위를 조절하여 모든 흐름에서 적절한 유입속도를 유지하도록 한다. 유출수로를 통해 후속공정으로 하수를 유입시킨다.

⑧ 콘크리트조와 스틸조(Concrete Tank and Steel Tank)

Grit King® 침사제거장치는 다양한 크기의 콘크리트조로 설계가 가능하고, 지상용 Grit King® 침사제거장치는 스테인레스 스틸 304 이상의 스틸 탱크로 만들 수 있다.

2.3. 와류식 침사제거장치 Grit King®의 처리공정

Fig. 2는 침사제거장치 Grit King®의 처리공정 개요도를 나타낸 것이다. 각 처리공정에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

① 원수유입

Grit King® 침사제거장치는 볼텍스(Vortex) 원리를

이용하여 유체내의 고형물을 제거하는 방식을 취한다. 유입구는 Grit King® 챔버에 접선방향으로 설치되어 있고, 유입수는 챔버의 접선방향으로 들어와 와류형 배플과 Grit King® 외벽 사이의 빈 공간으로 자연적인 와류가 발생하게 된다. Fig. 3은 Grit King® 침사제거장치 내부에서 발생하는 유체흐름 모식도를 나타낸 것이다.

② 와류를 이용한 침사제거

Grit King®은 구조가 간단하면서 기하학적으로 만들어져 있다. 접선방향으로 유입된 유체는 크게 두 흐름으로 나뉘는데, 하향류 회전흐름과 상향류 회전흐름 구성된다. 오일과 부유물은 수표면으로 부상하여 초기에 와류형 배플과 Grit King® 내벽 사이의 상부 공간에 포집된다. 하향류 흐름은 와류형 배플의 바닥을 향해 흐른다. 상향류 흐름은 와류형 배플 바닥을 지나 와류형 배플과 중앙 샤프트(Center Shaft) 사이의 내부 공간을 흐른다. 이렇게 흐른 유체는 처리수로써 유출된다. Fig. 4는 와류가 형성된 유체 흐름경로의 모식도를 나타낸 것이다.

③ 저장 호퍼로 침사 이송

와류형 배플 바닥을 향해 흐르는 하향류 흐름에 침사는 Grit King® 바닥 중심의 저장 호퍼로 떨어져 모이게 된다.

④ 침사 유동화 및 침사이송

침사가 저장 호퍼에 축적되면, 유동화 (Fluidizing) 시켜 침사의 고형화를 막고, 유동화 과정에서 부가적으로 유기물 제거가 달성된다. 유동화는 공기유동화 방식과 물유동화 방식이 있으며 선택적으로 사용한다. 유동화는 간헐적으로 또는 연속적으로 사용가능하다.

Grit King® 침사제거장치 내부에 설치된 침사이송용 수증펌프를 이용해 저장 호퍼에 포집된 침사를 침사분류장치(Grit Classifier)로 이송한다. 침사이송 주기는 침사제거장치 내부의 침사량 및 유량에 따라 조정가능하다.

⑤ 침사의 탈수 및 탈리액 반송

저장 호퍼에서 수증펌프에 의해 이송된 침사는 침사분류장치(Grit Classifier)로 이송되어 분류 및 탈수되고, 탈리액은 유입수로 다시 반송된다. 침사분류장치를 거치는 동안 세척수를 사용하여 침사를 세척해 주기도 한다. Fig. 5는 Grit King® 침사제거장치와 침사분류장치의 모식도를 나타낸 것이다.

2.4. 와류식 침사제거장치 Grit King®의 침사제거 효율

Table 2는 Grit King®의 침사제거효율을 나타낸 것이다(Andoh, 1993). 시료는 원수와 Grit King® 처리 유출수에서 양동이(Bucket)로 채취하였고, 입경 범위 별로 고형물 분포비율을 조사함으로써 제거율을 산정하였다. Table 2에서 보면 입경 150µm 이상의 고형물이 95%이상 제거되고 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

Grit King® 침사제거장치는 높은 제거효율을 유지하며 처리과정 또한 간단하다. 침사제거효율은 150µm 이상인 입자를 95% 이상 제거한다. 많은 pilot 실험과 현장실험을 통해 얻어진 높은 침사제거효율은 Grit King® 침사제거장치의 우수성을 입증해 준다. 또한 Grit King® 침사제거장치는 외부전원과 구동부가 필요 없는 설비로 기존시설에 적용하기 쉽다. 이러한 장점으로 인해 국내에서도 앞으로 폐수, 상수, 하수 등의 모든 수처리 현장에서 침사제거장치로 Grit King®의 사용이 더욱 증가할 것을 기대해 본다.

참고문헌

- Andoh, R.Y.G. (1993) *Hydrodynamic Grit Separation - Grit King® Separator*, Hydro Research and Development.
- 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.
- Hides, S.P. (1999) *Grit Removal at Municipal Wastewater Treatment Plants*, *Proc. the Florida Water Resources Conf.*, Tallahassee F.L..
- Metcalf and Eddy (1991) *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, McGraw-Hill, Inc.
- 환경부 (1998) *하수도시설기준*.