

상하수처리용 교반기의 설계 방법 연구

이혜영*, 주윤식·강문후**

A Study on the Design Method of Mixers for Water&Sewage water treatment

Hye-Young Lee*, Mun-Hu kang**, Yoon-Sik Joo***

Key Words : Mixer(교반기), Impeller design(임펠러 설계)

ABSTRACT

The Mixers is used for the Mixing which is the most important process in the Water&Sewage water treatment. To choose proper mixer required much career and knowledge, to check many elements which are purpose, time and condition of mixing. Thus, the design method of mixers is to be utilized for the structural design of the water & Sewage water treatment.

1. 서론

상·하수처리 공정상에서 교반은 핵심적인 중요공정으로 많은 교반기가 사용되어지고 있다.

그러나 교반기는 필요한 교반공정에 적합하게 설계 및 제작되어 효율적인 성능으로 운전되어야만 그 목적이 달성될 수 있으므로 상·하수처리장용 교반기의 설계 및 성능 검증 방법을 나타내고자 한다.

2.. 본론

2.1. 일반개론

2.1.1. 교반기의 목적

상·하수처리 공정상에서 각 공정별로 혼화, 응집, 희석 및 slurry의 침강 방지 등 다양한 용도로 사용되는 것이다.

용도에 적합한 교반기를 선정하는 것은 많은

경험과 지식을 필요로 하며 교반 목적, 교반 조건, 교반 시간, 주위환경 및 교반조내의 물성치 등 많은 요소들을 점검하여야 가능하다.

교반기를 일명 Agitator 또는 Mixer라고 일컫기도 하는데 본 연구에서는 교반기로 사용한다.

2.1.2. 교반기의 종류

상·하수도용으로 적용되는 교반기의 종류는 대략적으로 다음과 같다.

(ㄱ) 혼화기

응집제를 처리수내에서 순식간에 확산시켜 콜로이드 등 오염물의 불안정하를 유도함으로써 입자간 충돌에 의한 미세 플록을 형성시켜주는 설비

(ㄴ) 응집기

탁질이 응집제와 반응하여 미소 플록(floc)으로 응진 후, 침전과 여과가 원활히 이뤄지도록 플록을 더욱 무겁고 크게 성장시켜주는 설비

(ㄷ) 무산소조, 혐기조 교반기

탈인·탈질화를 촉진하고, 유입수의 고형 및 침전을 방지하는 설비

* 주식회사 우진

** 주식회사 우진

(㉔) 소석회 교반기

처리수의 PH를 조절시켜주는 설비

(㉕) 기 타 : 활성탄 교반기, 폴리머 교반기, 슬러지 저류조 교반기 외

2.1.3. Impeller 형상에 따른 유체 유동 형태

Table 2.1은 교반기에 부착되는 임펠러를 동일한 지름과 토출량을 기준으로 했을 때 임펠러의 형태에 따라 나타나는 동력 등 비교치를 나타낸 것이다.

Table 2.1 Relative Comparison of Impeller Designs

Impeller Type	Diameter	Flow	hp	rpm	Torque	Fluid Force
True axial flow	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
45°four-blade aft	1.0	1.0	1.6	0.7	2.3	1.7
True radial flow	1.0	1.0	6.0	0.7	8.6	3.4

Fig. 2.1 ~ Fig. 2.3은 Table 2.1의 교반기가 교반조 내에서 발생시키는 각각의 유체 유동 형태를 나타낸 것이다.

True axial flow는 Propeller 또는 Hydrofoil Type의 임펠러가 유도하는 흐름으로 거의 축류형으로 나타난다. 이것은 주로 응집 및 혐기/무산소조용으로 사용한다.

45°four-blade aft는 45°Pitched Blade Turbine(일명 PBT Type)으로 축류 및 방사류 흐름을 각각 지니고 있으며 주로 혼화 및 Slurry 교반용으로 많이 사용한다.

True radial flow는 Flat Blade Turbine(일명 FBT Type)으로 전형적인 방사류 흐름을 나타내며 주로 혼화 및 Slurry 교반용(하단)으로 많이 사용한다.

2.2. 교반기의 설계 절차

교반기가 혼화, Slurry 부양 등 어떠한 역할에 사용되는지를 먼저 확인한다.

본 연구에는 Slurry 부양을 위한 설계절차를 기준으로 한다.

(1) 사양 검토

조내의 사양을 면밀히 검토한다.



Fig. 2.1 True axial flow

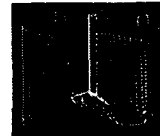


Fig. 2.2 45°four-blade aft

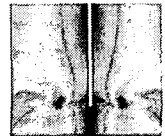


Fig. 2.3 True radial flow

(㉖) Basin Dia. (Te)

(㉗) Basin Depth (Z)

(㉘) Volume (V)

(㉙) Solid Concentration (Slurry : wt%)

(㉚) Specific Gravity of the Slurry[Slurry : (S.G.)sl]

(㉛) The Size of Solids (Limestone : mesh)

(㉜) Specific Gravity of solids [Limestone : (S.G.)s]

(㉝) Specific Gravity of the Liquid

[Water : (S.G.)liq]

(㉞) Viscosity of the Liquid (Water : cp)

(2) 부양 정도 선택

조내의 Slurry의 부양을 용도에 맞게 선정한다.

적용 동력 및 교반 조건 등을 검토했을 때 Fig. 2.4의 b 형태가 가장 적합하다.

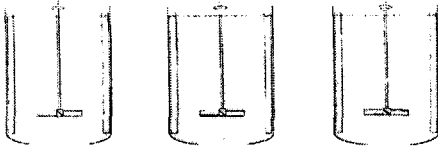
(3) Slurry의 등가체적(The equivalent volume of the slurry) 계산

(4) Solids의 최종침강속도(Terminal setting velocity of the solids) 및 고정인자 계산

(5) Solids의 설계침강속도(Design settling velocity of the solids) 계산

(6) 조 수심/등가탱크직경을 구하고 Impeller 설치 단수 및 설치 높이

선정
↓



a. Partial suspension b. Complete suspension c. Uniform suspension

Fig. 2.4. Suspension of solids in a Liquid phase will depend on process requirements and properties of the solids

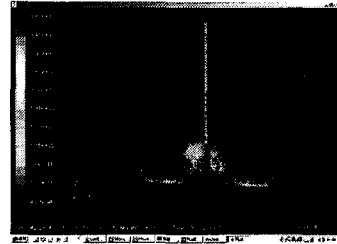


Fig. 2.5. Velocity distribution

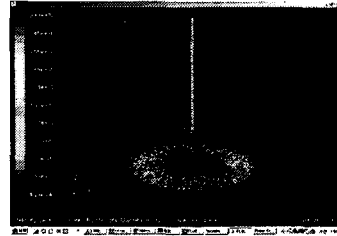


Fig. 2.6. Velocity distribution

Table 2.2 Impeller Clearance

Impeller. NO. (n)	Impeller Clearance (C)		Maximum ratio. Z/Te
	Bottom	Upper	
1	Z/4	-	1.2
2	T/4	(2/3)Z	1.8

(7) Impeller의 직경은 0.35 (D/Te)로 선정

(8) 교반기의 회전수 선정

(9) 교반기의 동력 선정

(10) 적용되는 임펠러 형태 선정

(11) CFD(Computational Fluid Dynamics) Analysis

설계한 내용대로 Slurry의 부양이 이루어지는 조건 인지를 Pilot & Full Load Test를 시행하기 전에 확인하기 위해서 반드시 필요하다.

흐름의 크기 및 형상으로 볼 때 Slurry의 부양이 이루어짐을 알 수 있다.

(12) 구조강도 및 임계속도 계산

(ㄱ) 구조강도 : 적용되는 Shaft에 대해 굽힘력 및 전단력의 조합력에 대한 구조 강도를 계산한다.

(ㄴ) 임계속도 : 적용되는 Shaft, Hub, Impeller 등에 대해서 교반기 전체의 구조적인 위험 속도 범위를 계산한다. 이 값은 교반기의 구조강도 및 공진 등 수명

과 기능에 미치는 영향이 크므로 매우 중요한 부분 중 일부분이다. 교반기의 운용속도는 임계속도의 75%의 범위내에서 운전하여야 한다.

(13) 계산 결과 검증 및 결론

교반기의 설계 내용을 기준으로하여 구조적으로 우수한 Type을 선정한다.

(14) FEM Analysis

(15) Pilot Test & Result

(ㄱ) 기하학적 상사 (Geometric Similarity)

모든 길이의 치수비는 동일하다. 이 때 치수비를 Full-Scale과 Pilot-Scale의 기하학적 상사비를 9.7로 둔다.

R (a single scale ratio : 선형의 치수비) = 9.7

$$R = \frac{D}{D_m} = \frac{T}{T_m} = \frac{Z}{Z_m} = 9.7$$

(ㄴ) 운동학적 상사 (Kinematic Similarity)

동일한 입자가 같은 시간에 Full-Scale과 Pilot-Scale에서 동일한 지점에 존재한다.

(ㄷ) 동역학적 상사 (Dynamic Similarity)

Full-Scale과 Pilot-Scale이 동일한 길이비, 시간비, 힘을 가지도록 한다.

$$Nm = N \left(\frac{D}{Dm} \right)^n = N (R)^n$$

Pilot Test 결과 조내의 Slurry의 비중이 균일할 때의 교반기가 목적에 적합하다.

Full Load Test를 실시할 시에 동일한 Test 방법으로 결과값을 검토하여 결과를 정리한다.

2.2. 교반기의 설계 절차

교반기가 Slurry 부양 역할을 제대로 사용되는지를 확인하는 것은 다음 2가지로 확인할 수 있다.

(1) 교반조내의 상·하부의 비중값을 확인한다.

하부와 상부의 비중값을 측정하고 조내 유지되어야 할 비중값을 확인하여 교반이 제대로 이루어지는지를 검증한다.

(2) 교반조의 농도값이 균일한지를 확인한다.

- 교반조내의 임의의 모서리 4곳(원형조의 경우 배플 부위)에서 각각 상, 하부의 임의의 장소 4곳에서 Solids 농도를 2번 연속해서 측정하면 총 Sample 양은 32회가 된다.

- 이 32회의 측정값의 평균값을 환산한 다음 각각의 Sample값과의 오차값을 확인한다.

- 이 오차값의 범위가 평균값의 15% 이내에 속하는 것이 전체 Sample 수의 90% 정도가 되면 Solids의 부양이 균등하다고 신뢰할 수 있다.

3. 결론

상·하수처리장에 적용되는 교반기에 대한 설계 및 성능 검증 방법은 다음과 같이 요약할 수 있다.

3.1. 설계 방법

(1) 혼화, 응집, Slurry 부양 등 교반 목적물을 먼저 선정한다.

(2) 점도 및 밀도 등 내용물의 성분 검토를 한다. 즉, 조규격 및 사양을 점검한다.

(3) Slurry의 부양 정도를 선정한다. 즉, 교반기 Scale을 선정한다.

(4) Solids의 침강속도 및 설계 침강속도를 구한다.

(5) 조 수심/등가탱크직경 비를 구하고 Impeller 설치 단수 및 설치 높이를 정한다.

(6) 임펠러의 직경을 선정한다.

(7) 설계 침강속도에 대해 부양을 시킬 교반기의 회전수와 동력을 산정한다.

(8) 적용되는 임펠러의 Type을 선정한다.

(9) CFD(Computational Fluid Dynamics) Analysis를 실시하여 유동 성능을 검사한다.

(10) 교반기의 구조강도 및 임계속도 등 구조물의 안전성을 검토한다.

(11) FEM Analysis를 실시하여 Agitator 및 구조물의 응력분포 및 진동특성을 검사한다.

(12) Pilot Test를 실시하여 검사 후 성능 목적에 적절한지를 검토한다. 이 때 Full Load Test를 실시할 시에 동일한 성능이 이루어지는 지 확인한 후 결론을 맺는다.

3.2. 성능 검증 방법

(1) 교반기 Vessel 내의 상, 하부의 비중값을 확인하여 비교한다.

(2) 교반기 Vessel 내의 농도값이 임의의 지역에서 균일한지를 확인한다.

참고문헌

- (1) Mixing in Coagulation and Flocculation, 1991, AWWA
- (2) Water Treatment Plant Design, 1997, AWWA
- (3) 고도정수기술 기존정수장 효율향상 기술, 제2단계 1,2차년도 연차보고서, 환경부
- (4) 상수도시설기준, 1997, 환경부