

정수장에서의 수평축 응집기 PIV 유동해석

박영근⁺ · 이종렬⁺⁺ · 김범석⁺⁺⁺ · 이영호⁺⁺⁺⁺

A Study on the flow Characteristics of a Horizontal Paddle Flocculator Installed in a Filtration Plant by PIV

YoungGeun Park⁺, JoongRyul Lee⁺⁺, BeomSeok Kim⁺⁺⁺ and YoungHo Lee⁺⁺⁺⁺

Abstract : KOWACO - ChangWon Branch - have conducted the new study which aimed to improve flocculation performance in Mixers. The Purposes in this study were increasing flocculation efficiency by finding significant factor which was affected flow characteristics. In the result of this research we modified the error in equation of G-value and RPM which have been used till quite recently. Also we developed program auto-calculating G-value and RPM and then we had made their statistical list. We had conducted experiment with flocculation Mixer's model sized 1/10 by PIV's method. We analysed characteristic of all flow fields by changing case such as changing direction of flocculator roatation etc.

Key words : PIV(입자영상유속계), Filtration plant(정수장), Flocculator(응집기), G-value(속도경사값), Flocculation(플록형성)

1. 서 론

일반적으로 정수장의 정수공정은 안전하고 충분한 양의 물을 효율적으로 공급할 수 있도록 단위공정들을 조합해야 하며 일반적으로 4개 또는 그 이상의 공정(혼화응집, 플록형성, 침전, 여과 그리고 소독공정등)으로 구성되어 있다. 각 단위공정들은 밀접하게 상호관련 되어 있으므로 개별공정의 운전은 다른공정 또는 전체 시스템에 영향을 미친다.

플록형성공정이란 바로 앞의 급속혼화공정에서 응집제를 급속히 분산시킨 물을 천천히 교반시켜 분자운동과 유체의 물리적 교반결과로 입자끼리 서로 충돌하게 하여 보다 큰 입자덩어리(플록)를 생성, 침전성을 높이는 공정이다.⁽¹⁾

적절한 플록형성에 미치는 영향은 여러 요소가 있지만 본 연구는 수자원공사 창원권 관리단의 정수장 시설개량 공사중 응집지의 토목구조 변경(정류벽을 도류벽으로 개량)이 응집지내 물의 유동형태 변화 및 플록형성에 어떠한 영향을 미치는지 PIV를 이용하여 분석해보고 동시에 최적 플록형성을 위한 수평패들형 응집기(Flocculator)의 설계인자 도출 그리고 우리가 무의적으로 사용하고 있는 G값에 대한 이론적 근거를 고찰해보는데 있다.

2. 응집지의 구조 및 응집기 형상

Fig.1은 응집지 개량전 모습이며, Fig.2는 현재 설치되어 있는 수평패들형 응집기의 형상이다. 기존 응집지는 2계열, 2지/계열, 4단/지로 구성되어 있으며, 수평축 응집기(교반기)는 3열 패들/단, 4조 패들/열, 4개블 레이드/조로 구성되어 있으며 각 단은 유공 정류벽으로 구분되어 있다. 개량 응집지와 의 차이는 4단 중 1 및 2단을 우류식 도류벽으로 개량한 것 외에는 모두 동일하다. 응집지의 프록형성 방식은 크게 수력학적

교반방식과 기계적 교반방식으로 그리고 혼합방식으로 나누어지며 수력학적 교반방식은 다시 수평 우류식과 상하 우류식이 있으며, 기계적 교반방식은 에어포일이나 프로펠러형 교반날개를 가진 수직축 형과 수평 또는 수직축이 달린 패들형으로 구분된다. 창원권 관리단의 개량응집지의 플록형성방식은 특수한 혼합형 방식으로 수평 우류식(1단 및 2단은 도류벽) 그리고 1단부터 4단은 수평패들형 교반기(3및 4단은 구분은 유공정류벽)로 되어 있는 기이한 구조로 되어 있다.



Fig. 1 The existing rectification wall with holes

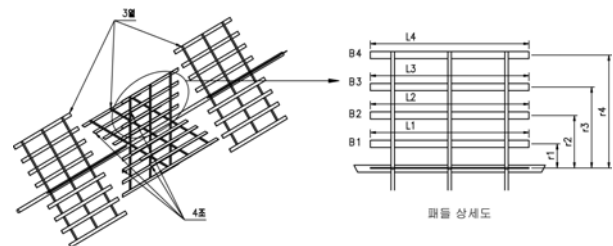


Fig. 2 Configuration of the horizontal paddle flocculator

+ 박영근(한국수자원공사 창원권관리단),E-mail:bang@kowaco.or.kr, Tel: 055)286-8734

++ 이종렬, 한국수자원공사

+++ 김범석, 한국해양대학교 기계·정보공학부 유동정보연구실

++++ 이영호, 한국해양대학교 기계·정보공학부

3. PIV 실험장치

Fig.3은 혼화지 쪽에서 본 응집지 모델의 사진으로서 1단에 3조의 패들이 설치되어 있으며 교반기의 구동부는 왼쪽에, 혼화기로부터의 유입구는 오른쪽에 위치하고 있다. 이 유입구의 직경은 실제 응집지의 구경을 1/10로 축소하여 100mm로 하였다. 토오크의 계측에서는 통상, 운전중 수 $kg_f \cdot cm$ 의 토오크가 검출되나 이 값은 무부하 상태에서의 토오크 값과 비교하여 매우 작은 값을 나타내고 있고, 회전중의 약간의 축 흔들림으로 발생하는 토오크 값의 변동 폭이 소수점에서의 유효숫자 오차에 포함됨으로서 정확한 계측이 불가능하였다. 이 문제를 해결하기 위하여는 지금의 모델보다 2-3배 큰 모델을 사용하여 토오크의 계측 다이내믹 레인지에 포함될 수 있도록 하여야 한다. Fig. 3의 붉은 색 선은 본 연구에서 설정한 계측단면이며, 카메라는 좌우 또는 정면(케이스7)에 위치한다.

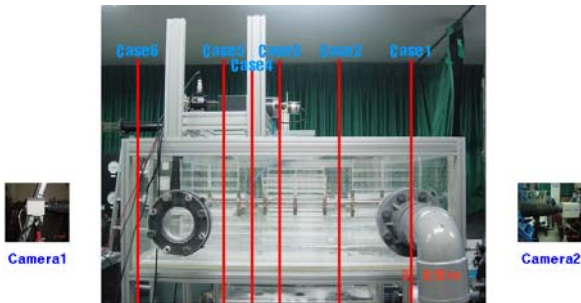


Fig. 3 Experimental apparatus & measuring sections

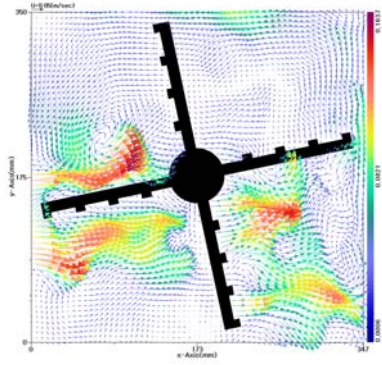
4. 계측조건

모델교반기(응집기)의 운전조건은 다음과 같다.

계량 응집지 지당 최대유량은 일당 30,000 m^3 이므로, 유입배관(직경 1,000mm)에서의 유입 속도는 0.44m/sec이며, 분당 유입유량은 30,000/(24x60) = 20.83 m^3 /min 이다. 따라서 지당 체류시간은 670.3 m^3 (전체지용적)/20.83 m^3 /min = 32.17 분이 된다. 각단별 2차원 통과단면(3.95mH x 3.75m)에서의 평균유속과 교반기 원주회전속도(3.5 rpm 기준)의 비를 축소모델에 그대로 적용시켜 유입유량을 결정하였다. 본 논문에서는 지면상 중요한 case1 및 case6에 대해서만 유동계측 결과를 타 내었다.

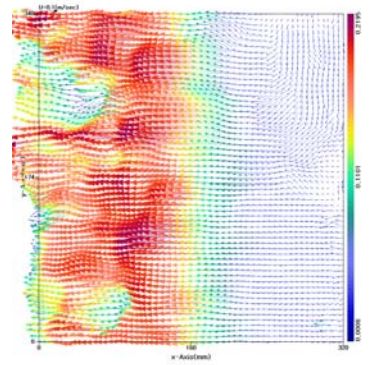
5. 결과 및 고찰

Fig. 4, 5 해석 결과를 나타내었으며, 순간속도 유동장을 나타낸다. PIV 실험에서 사용된 고해상도 고속도카메라(KODAK, 1K x 1K, 500pps at full frame)에서 얻은 영상은 레이저의 출력력이 가변형 소형(200mW급)으로서 벽면근처에서는 입자가 적게 분포된 것처럼 보이는 문제가 있으나, 실제 PIV 처리과정 중 동일입자 추적을 수행하는 부분에 있어 문제가 없었으며, 비교적 정확한 속도장 결과를 얻을 수 있었다.



(a) instantaneous velocity vector

Fig. 4 Measurement results on the case 1



(a) instantaneous velocity vector

Fig. 5 Measurement results on the slit region

6.결 론

- 1) 1/10 축소 응집지 모델을 제작하고 PIV 계측을 통하여 유동장의 해석을 수행하여, 유입유량 존재유무, 교반기 회전방향 전환, 1단-3단에서의 비교, 블레이드의 등폭-부등폭에 따른 유동특성을 고찰하였다.
- 2) 전반적으로 교반기의 회전에 따른 강제와류의 특성이 크게 나타났으며, 우류식 slit에서의 유출은 비교적 균일한 분포를 나타내었다.
- 3) 모델실험에서는 발생하는 토오크의 값이 매우 미약하여 계측이 매우 어려웠으므로, 지금보다 2-3배 큰 규모에서 실험을 수행하여야 정확한 소요동력이 예측될 수 있으며, scale-up 실험에서의 신뢰성이 확보될 수 있을 것으로 예상된다.
- 4)본 연구를 토대로 하여 플록형성이 실제로 가능한 중규모의 응집지 실증실험을 수행한다면, 보다 효율적인 응집을 위한 최적의 교반기 설계, 응집지 설계변수 및 최적 운전조건 도출이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 한국수자원공사 창원권관리단, "응집성능향상을 위한 유동해석 최종보고서", pp.25~30, 2005