

저에너지형 CF혼화장치를 활용한 침전제거효율 개선 방안

A plan by practically using Low-Energy Compected-Flow mixing installation to improve sedimental and removal efficiency

최계운*, 이주경**, 안경훈***, 한만신****,
Gye Woon Choi, Joo Kyung Lee, Kyung Hun Ahn, Man Shin Han

요 지

원수의 탁질 중에서 입경이 10^{-1} mm이상인 것은 보통침전으로 제거가 가능하지만, 입경이 10^{-3} mm이하가 되면 일반적으로 콜로이드입자라고 총칭하며 그대로의 상태로서는 거의 침강되지 않을 뿐만 아니라 급속여과기구에서도 포착되지 않는다.

따라서 급속여과 방식에서는 이와 같은 탁질을 효과적으로 제거하기 위한 전처리로서 응집조작으로 인한 콜로이드상의 탁질을 플록화하여 약품침전이나 급속여과에서 포착되도록 탁질의 성상을 변화시키는 조작이 반드시 필요하다. 또한 양호한 플록을 효과적으로 형성시키는 약품혼화와 플록형성 등을 강구해야 한다.

이에 본 연구에서는 현재 국내에서 운영하고 있는 정수처리시스템의 일부인 혼화지내에 혼화지점의 단면적을 축소시켜 약품혼화효과를 극대화하고 혼화기의 소요동력을 감소시켜 혼화효과를 개선하며 혼화지내 혼화기 운용의 비용 절감 효과를 증가시키기 위한 저에너지형 CF혼화장치를 개발하는데 연구 목적이 있다.

연구결과 CF혼화장치의 설치시 약품 투입 위치에 따라 2~6%정도의 탁도제거율의 상승과 슬러지 높이의 차이를 보이는 것으로 나타났으며 이 실험 결과 약품투입장소에서 혼화지의 Compact화로 인해 급속 혼화를 이룰 경우 더 많은 플록화로 인해 탁도 제거율이 높아지는 것을 알 수 있다.

핵심용어 : CF혼화장치, 플록, 단면적축소, 탁도제거율

1. 서 론

원수의 탁질 중에서 입경이 10^{-1} mm이상인 것은 보통침전으로 제거가 가능하지만, 입경이 10^{-3} mm이하가 되면 일반적으로 콜로이드입자라고 총칭하며 그대로의 상태로서는 거의 침강되지 않을 뿐만 아니라 급속여과기구에서도 포착되지 않는다.

따라서 급속여과 방식에서는 이와 같은 탁질을 효과적으로 제거하기 위한 전처리로서 응집조작으로 인한 콜로이드상의 탁질을 플록화하여 약품침전이나 급속여과에서 포착되도록 탁

* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr
** 정회원 · 인천대학교 환경수리연구실 석사과정 · E-mail : jkno1@incheon.ac.kr
*** 정회원 · 인천대학교 환경수리연구실 석사과정 · E-mail : blueema@hanmail.net
**** 정회원 · 인천대학교 환경수리연구실 박사과정 · E-mail : 8190hansman@hanmail.net

질의 성상을 변화시키는 조작이 반드시 필요하다. 또한 양호한 플록을 효과적으로 형성시키는 약품혼화와 플록형성 등을 강구해야 한다.

이러한 이유로 응집제를 첨가한 다음 가능한 빨리 교반시켜 탁질을 미소한 플록으로 생성시키는 단계와, 생성된 플록을 크게 성장시키기 위하여 천천히 교반하는 단계로 구분하고 있는데 전단계를 혼화라고 한다.

이에 본 실험에서는 실제정수장에서 사용하는 혼화지를 Pilot Plant장치에 축소하여 설치하였으며 축소부의 위치를 원수가 유입되어 난류가 발생하는 혼화지 하층의 1/3부분과 원수가 유출되기 위해 난류가 발생하는 상층의 1/3제외한 가운데 부분에 설치하였으며 이것은 CF(Compacted Flow)혼화장치를 이용하여 회전운동수를 줄이는 동시에 수조중의 속도경사를 크게 할 수 있도록 하는 역할도 한다. 또한 급속혼화를 위해 CF(Compacted Flow)혼화장치의 단면 윗부분을 축소하여 설계하였으며 이는 가능한 빠른 시간내에 약품과 원수가 교반될 수 있도록 설계한 것이다. 또한 약품투입 위치를 임펠러의 가장 가까운 부분(임펠러 0.5cm아래)과 임펠러 회전반경의 1/2부분(임펠러 2.5cm아래)에 설치하여 원수와 약품투입위치에 따른 교반시간에 따라 플록형성과 탁도제거의 효과를 검증하였다. 이러한 이유로 임펠러와 가장 가까운 위치인 임펠러 아래0.5cm지점에서 약품을 투입하였으며 비교 분석을 위하여 임펠러 회전반경 1/2지점에서 실험을 하였다.

2. Pilot Plant 장치의 설계 및 설치

본 연구에서는 상하수처리시설의 혼화지내 CF혼화장치의 설치에 따른 탁도 제거 효과를 분석하고 CF혼화장치내 임펠러의 적정위치 및 약품 주입위치에 따른 효과를 분석하기 위하여 기존 정수시스템을 축소하여 만든 Pilot Plant장치를 이용하여 실험을 실시하였다. 본 분석을 위한 실험에 이용된 Pilot Plant는 유량조절조, 혼화지, 응집지, 침전지의 4단계로 크게 구분되어 있으며 유량조절조는 유입되는 원수를 유량과 시간에 맞게 조절하는 기능을 하며 유량조절조를 통과한 원수는 혼화지에서 약품과 급속 교반을 이루어 응집지를 거치며 침전지를 통과해 유출되도록 설계되어 있다. 응집제는 실제 정수장에서 사용하는 PACS를 사용하여 실제 정수장의 환경과 비슷하게 설정하여 실험을 할 수 있도록 하였다. 그림1은 본 실험에 사용된 Pilot Plant장치의 측면도를 나타낸다.

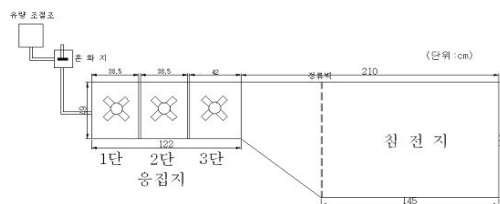


그림 1. Pilot Plant 장치의 측면도

2.1 예비실험

본 연구에서는 본 실험에 앞서 예비실험을 통하여 약품량과 혼화지 RPM값, 응집지 RPM값을 결정하여 실험 장치에 맞는 최적의 값을 가지고 실험을 할 수 있도록 하였다. 예

비실험의 결과 값은 표1과 같다.

표 1. 예비실험 결과값

		실험값
약품량 (PPM)		35
혼화지 RPM		1000
응집지 RPM	1단	20
	2단	11
	3단	5

약품 투입율은 Jar-Test를 통하여 결정하게 되는데 이는 침전 후 양호한 수질과 여과를 위한 응집공정의 최적 조건을 찾는 것이다. 즉, 응집은 침전과 여과를 위한 전처리 단계로 응집공정의 효율은 항상 침전과 여과공정의 효율을 고려하여 설정된다. 본 실험에서는 Jar-Test 결과를 통하여 Pilot Plant 운영에 적합한 약품 농도인 35ppm으로 약품량을 결정하였다.

또한 혼화지 RPM의 경우 혼화지내 속도경사의 적정값인 300~1000을 고려하여 시험운영한 결과 1000rpm으로 결정되었으며 G값은 $G = 667\text{sec}^{-1}$ 고정 운용하였다. 응집지 RPM의 경우 응집기의 속도는 응집기 1, 2, 3의 임펠러 속도를 변화시켜 응집효율을 비교하여 결정하였으며 응집효율 결과를 바탕으로 1단의 경우 20rpm, 2단 응집기는 11rpm, 3단 응집기의 속도는 5rpm으로 결정하였다.

2.1 탁도제거효율 분석실험

약품투입위치와 임펠러의 위치에 따른 탁도 및 탁도제거효율을 알아보기 위하여 임펠러의 위치를 혼화지의 상, 중, 하단으로 이동하여 탁도를 측정하였으며 약품투입위치 또한 임펠러와 가장 가까운 임펠러 밑 0.5cm에서 측정하여 효과를 검증하였다. 표2는 혼화지 내 CF혼화장치 설치 유·무에 따른 임펠러의 위치를 나타낸다.

표 2. CF 혼화장치 설치 유·무에 따른 임펠러 위치

임펠러 위치	축소부 상단	축소부 중간단	축소부 하단
CF 혼화장치 설치			
	상단	중간단	하단
CF 혼화장치 미설치			

표 2에서 보는 것과 같이 임펠러의 높이는 바닥에서 18.75cm, 유입구 및 유출구로부터 10.5cm 떨어진 지점(상단부), 바닥에서 14.5cm, 유입구 및 유출구로부터 10.5cm 떨어진 지점

(중간부), 바닥에서 10.25cm, 유입구 및 유출구로부터 10.5cm 떨어진 지점(하단부)에 설치하여 임펠러 설치위치 변화에 따른 영향을 검토하도록 하였다.

표 3~5는 CF혼화장치 유·무와 임펠러 위치 변화에 따른 유입수의 탁도와 탁도 제거율을 나타낸다.

임펠러를 상단설치시 가장 고른 탁도 제거율과 평균 탁도제거율 또한 높게 나타나는 것을 볼 수 있다.

표 3. 임펠러 상단 설치시 CF혼화장치 유·무에 따른 탁도 및 탁도제거율

(단위: NTU)

측정시간	CF 혼화장치 설치시			CF 혼화장치 미설치시		
	4시간전 유입수	유출수	탁도 제거율(%)	4시간전 유입수	유출수	탁도 제거율(%)
6시간	12.40	2.13	82.82	14.40	3.74	74.03
7시간	11.80	2.12	82.03	14.50	4.43	69.45
8시간	11.70	2.11	81.97	14.50	4.19	71.10
9시간	11.80	2.12	82.03	14.30	4.62	67.69
10시간	12.20	2.20	81.97	14.40	4.41	69.38
11시간	12.30	2.11	82.85	13.40	3.84	71.34
12시간	12.50	2.15	82.80	13.20	4.42	66.52
13시간	12.60	2.21	82.46	12.90	4.32	66.51
14시간	12.80	2.23	82.58	12.80	3.33	73.98
15시간	12.50	2.15	82.80	13.60	2.89	78.75

표 4. 임펠러 중간단 설치시 CF혼화장치 유·무에 따른 탁도 및 탁도제거율

(단위: NTU)

측정시간	CF 혼화장치 설치시			CF 혼화장치 미설치시		
	4시간전 유입수	유출수	탁도 제거율(%)	4시간전 유입수	유출수	탁도 제거율(%)
6시간	13.00	2.54	80.46	14.20	4.32	69.58
7시간	12.90	2.63	79.61	14.80	4.25	71.28
8시간	13.20	2.52	80.91	14.00	3.49	75.07
9시간	13.50	2.53	81.26	14.30	3.82	73.29
10시간	13.40	2.34	82.54	13.70	3.53	74.23
11시간	13.20	2.89	78.11	13.00	3.45	73.46
12시간	13.00	2.71	79.15	12.60	4.32	65.71
13시간	13.00	2.37	81.77	13.00	3.84	70.46
14시간	12.40	2.52	79.68	12.80	3.68	71.25
15시간	12.90	2.54	80.31	12.20	3.21	73.69

표 5. 임펠러 하단 설치시 CF혼화장치 유·무에 따른 탁도 및 탁도제거율

(단위: NTU)

측정시간	CF 혼화장치 설치시			CF 혼화장치 미설치시		
	4시간전 유입수	유출수	탁도 제거율(%)	4시간전 유입수	유출수	탁도 제거율(%)
6시간	12.90	2.73	78.84	14.30	4.35	69.58

7시간	13.00	2.61	79.92	14.10	5.32	62.27
8시간	12.90	2.58	80.00	14.20	4.36	69.30
9시간	12.80	2.59	79.77	14.30	3.46	75.80
10시간	12.90	2.79	78.37	14.40	3.97	72.43
11시간	12.80	2.53	80.23	14.50	4.03	72.21
12시간	12.90	2.73	78.84	14.00	3.73	73.36
13시간	12.70	2.77	78.19	13.40	3.65	72.76
14시간	12.80	2.55	80.08	13.50	3.74	72.30
15시간	12.80	2.47	80.70	13.80	3.66	73.48

3. 결론

CF혼화장치 유·무에 따라 탁도 및 탁도 제거율을 비교하였다. CF혼화장치 설치한 경우 임펠러 0.5cm아래에서 약품을 투입한 결과 상·중·하단 모두에서 약80%이던 탁도 제거율은 CF혼화장치를 설치하지 않은 경우 약70%로 10%정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 CF혼화장치를 설치한 경우가 설치하지 않은 경우보다 높은 탁도 제거율을 나타내며 CF혼화장치가 효과가 있음을 나타낸다.

또한 CF 혼화장치의 하단에 임펠러를 설치한 경우보다 상단에 설치한 경우가 약2~5%정도 높은 탁도 제거율을 나타내어 원수와 교반된 약품이 CF혼화장치를 통과하여 응집지로 가는 경우보다 짧은 시간에 교반되어 바로 응집지로 가는 경우가 높은 탁도제거율을 나타내는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. Edzwald, J. K(1993), "Coagulation in Drinking Water Treatment" : Particles, Organics and Coagulants, Wat. Sci. Tech., Vol. 27, No. 11, pp. 21 ~ 35.
2. Pontius, F. W(1990), "Water Quality and Treatment", AWWA, McGraw Hill Co., pp. 367 ~ 425.
3. Hudson, H. E. Jr(1981), "Water Clarification-Process", Practical Design and Evaluation, Van Nostrand Reinhold, New York.
4. Kawamura, S.(1991), "Intergrated Design of Water Treatment Facilites", John Wiley & Sons, Inc.
5. 건설기술연구원(1992), "상수 수질향상을 위한 수처리 공정개선에 관한 연구".
6. 유명진, 조용모(1996), "상수처리(정수의 기술)", 동화기술, pp. 78~89.
7. 한국상하수도협회(2004), "상수도시설기준", pp. 301~326.
8. 한국수자원공사(1991), "정수처리 능력 향상에 관한 연구(1차년도)", pp. 20~26.
9. 한국수자원공사(1992), "정수처리 능력 향상에 관한 연구(2차년도)", pp. 12~43.
10. 한국수자원학회지(1998), "상수도 공학의 이론과 적용", pp. 265~315.
11. 환경부(1997), "기존 정수장 효율향상 기술", pp. 595~599.