

## 상수도의 저용해성 액체 정량투입 방안 연구

김진훈\* · 박종호\*\*

### A Study on the Correct injection method for low dissolution liquid in the Water Treatment Plant

Jin-Hoon Kim\*, Jong-Ho Park\*\*

Key Words : Low dissolution(저용해), Corrective injection(정량투입), Tube pump(튜브펌프)

#### ABSTRACT

The large particles of suspended matter in raw water can be removed by allowing them to settle out in a presedimentation basin. But there are smaller particles in almost all surface water and some groundwater that will not settle out within a reasonable time without some help to accelerate the process. In the coagulation and flocculation processes, nonsettleable solids are converted into large and heavier settleable solids by physical-chemical changes brought about by adding and mixing coagulant chemicals into the raw water. The object of this research was to improve corrective injection method for low dissolution liquid in the water treatment plant. A sort of chemical feed equipment are diaphragm pump, flow control in combined magnetic flowmeter and control valve, roto dipper wheel system and tube pump. Particularly low dissolution liquid (Calcium Hydroxide) put in a bit by feed equipment, tube pump is very useful method for corrective injection method in the water treatment plant.

#### 1. 서론

원수 중에 부유하는 콜로이드상 미세입자는 쉽게 침전하지 않으며, 급속여과에서는 이들 입자의 대부분이 여과사층에 억류되지 않고 통과한다. 그러므로 이들 입자를 제거하기 위하여 약품을 주입하고 수중의 현탁 물질을 서로 응집시켜 침전이 잘 되는 **floc**의 형태로 만들어 주어야 한다. 따라서 급속여과를 채택한 정수 방식에서는 전처리로서 약품에 의한 응집이 불가피하

고 정수처리에 사용되는 약품은 응집제, 응집보조제, 알카리제 등이 있으며 알카리제는 원수의 PH 또는 알카리도가 낮거나 약산성인 응집제의 주입에 따라 PH와 알카리도가 저하하여 최적 응집 PH 범위를 벗어나 응집상태가 불량해질 때 사용된다. 알카리제의 종류로는 소석회, 소오다회, 액체가성소다 등이 있으며 소석회는 분말이므로 취급하기 어렵고 습식 주입할 때는 10~20%, 소오다회는 5~10% 정도의 용액으로 하면 사용하기 편리하다. 주입방식으로는 건식피더와 용해피더 방식으로 크게 구분되며 건식방식으로는 체적 또는 중량피더로 구분된다. 용해피더 방식에는 자연유하 흐름을 유량계에 의한 밸브제어, 미터링펌프(정량다이아

\* 한국수자원공사

\*\* 충남대학교 기계공학과 교수

E-Mail : jinhoon@kowaco.or.kr

펌프, 튜브펌프 등), 로터 디퍼휠 방식 등이 있다. 본 연구에서는 알칼리제로 소석회를 물에 용해하여 사용하고 특히 소유량 제어가 필요한 정수장의 정량투입방안에 대하여 고찰하였다. 소석회  $\text{Ca(OH)}_2$  (Calcium Hydroxide, 수처리용  $\text{CaO}$  70%이상, 100Mesh)는 알칼리 및 탁도(濁度) 제거에 사용되는데 응집 경화가 좋고 적수(赤水)방지 작용도 있다. 정수처리 투입공정에서 소석회의 가장 중요한 특성은 용해도가 0.1% (10~30℃)로 극히 미량이 물에 녹기 때문에 침전성이 강하다는 것이다. 소석회 투입은 침전성을 고려하지 않으면 정량(精量) 투입에 어려움이 있다. 또한, 용해도가 0.1% 내외로 침전성이 강한 소석회를 밸브비례제어 시 밸브 전후·단 및 배관 곡관부에 소석회 분말 침전으로 밸브 및 배관 막힘 현상이 발생되는 문제점을 개선하고 저용해성 액체분말약품의 정량투입을 위한 약품투입시스템의 기본모델 제시하고자 하며 소유량 영역에서 정량성(精量性)이 떨어지는 소석회 투입방식을 개선하여 최적 수처리 및 수질사고를 예방하고 소유량 정량투입이 곤란한 조절밸브+이젝터 방식을 개선하여 안정적 설계방안을 제시 하고자 하였다.

## 2. 약품투입 형식별 분석

### 2.1 밸브제어에 의한 약품 주입

밸브제어방식의 소석회 투입은 펌프 가압수가 이젝터를 통과하는 순간에 발생하는 진공압에 의하여 탱크로부터 소석회를 배관에 투입시키며 비례제어밸브에 의하여 소석회 투입량을 제어하도록 설계 되었으나 시설용량 대비 20% 이하의 정수처리 시에는 소량 약품 투입을 하게 되고 밸브 구조상 유량제어가 어려워 소석회 투입이 곤란 하였다.

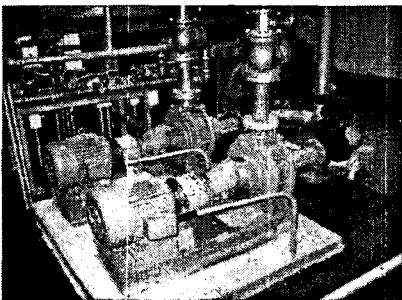


Fig. 1 Flow control system in combined magnetic flowmeter and control valve

Fig. 1은 밸브제어시스템의 일반적인 외형이다.

소석회 탱크 수위를 이용한 자연유하 흐름에서 밸브 비례제어로 투입할 경우 밸브 전·후단 및 사이편관의 곡관부위에 소석회가 침전되어 관 막힘으로 적정 소석회 투입이 곤란하였다. 이런 경우 소석회 배관을 일정 시간 주기로 세척을 함으로써 관 막힘을 해소할 수는 있으나 이것은 약품 정량투입에 별 도움이 되지 못했다. Fig. 2은 밸브 개도제어 시 밸브, 배관 막힘에 의하여 유량이 감소 회복을 반복하고 있으며 유량값이 현탕하고 있음을 보여준다. 소석회의 침전성을 감안한다면 밸브 내부 구조가 단순한 형태가 좋겠지만 소량 제어의 한계를 극복하지는 못했다.

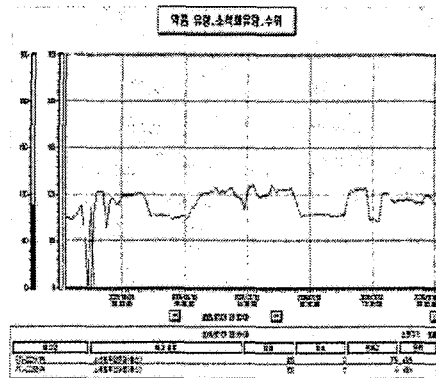


Fig. 2 Fluctuating and decreasing of valve controle (Calcium Hydroxide)

소석회 약품투입 비례제어밸브로 주로 사용되는 슬루스밸브(Sluice V/V)는 전개로부터 중간개도까지는 밸브개도변화량에 대한 유량변화가 크고 그 이상의 개도부분에서는 유량변화 비율이 적은 특성의 ON/OFF 밸브로 소유량 영역에서의 유량제어에는 한계가 있다.

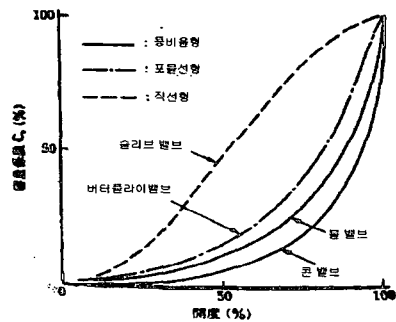


Fig. 3 Valve characteristics of flow

소석회 투입상태를 점검하기 위하여 밸브 개도 조절을 실시하고 물과 소석회 용액에 대하여 각 개도별 유량계측 여부와 밸브작동 상태를 확인한 결과 대상 유체가 물인 경우는 밸브개도 전 영역에서 계측되지 못하였고 소량투입을 위한 저 개도(10%이하)에서는 유체 종류와 상관없이 밸브가 작동되지 않았으며 정수생산량을 고려한 소석회 투입유량 1.0~1.5ℓ/min 범위에서 유량제어가 전혀 불가능한 것으로 판명되었다. 슬루스밸브 이외의 다른 밸브도 소유량 범위에서는 유량제어가 곤란할 것으로 사료되며 또다른 문제점은 유량계가 만관이 되지 않아 발생하는 Empty Error가 발생하였다. 표1은 물과 소석회용액에 대하여 밸브 개도별 유량값 및 밸브작동상태를 표시하고 있으며 소석회용액의 경우 밸브 열림상태가 20% 이상부터 유량값을 읽을 수 있었으나 유량값의 현탕이 심하여 사실상 소석회 투입량 제어가 곤란했다.

Table 1. Valve position and flow

개도표시(%)		유량및 자계		밸브동상태	비고
중앙제어	중앙개도	유량	자계		
10	14	0	Empty pipe error 0	작동안됨	
20	23	0	Empty pipe error 0	정상작동	
30	36	0	Empty pipe error 0	정상작동	
50	56	0	Empty pipe error 0	정상작동	
100	100	0	Empty pipe error 0	정상작동	

개도표시(%)		유량및 자계		밸브동상태	비고
중앙제어	중앙개도	유량	자계		
10	13	0	Empty pipe error 0	작동안됨	
20	26	2.8ℓ/min	순시작신정상표시	정상작동	현탕
30	37	5.7ℓ/min	순시작신정상표시	정상작동	"
50	59	5.9ℓ/min	순시작신정상표시	정상작동	"
100	100	19.4ℓ/min	순시작신정상표시	정상작동	"

## 2.2 튜브펌프에 의한 주입량 제어

밸브 제어의 문제점을 극복하고 정량 투입이 가능하기 위해서는 소석회 약품의 침전성 극복을 위하여 일정 압력으로 밀어줄 수 있는 형식이어야 하고, 소유량 투입에도 재현성(정확도)이 ±1% 범위 정도 유지 가능하며 펌프 구조상 소석회가 펌프 내부에 침전·용적되지 않는 구조로 원수 유입량 및 탁도 등 수질자료와 연계하여 자동투입 되도록 제어가능한 형식이어야 한다. 또한, 왕복펌프 특유의 맥동을 저감하기 위하여 Air Chamber와 Back Pressure Valve(B.V)를 설치하여 소석회 투입량 Hunting을 저감하도록 설계하여야

했다. Fig 4, 5는 튜브펌프 및 맥동저감을 위한 배관계 획을 보여주고 있다.

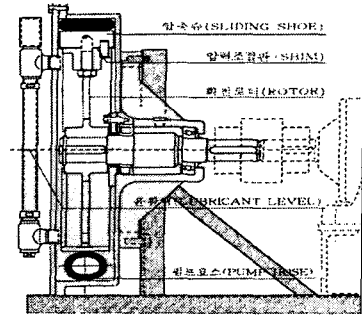


Fig 4. Cross-sectional view of tube pump

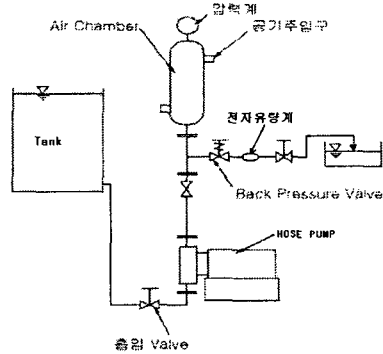


Fig 5. Layout of tube pump system for flow control

소석회 투입을 밸브 비례제어방식에서 호스펌프에 의한 펌프 회전수 제어방식으로 변경함에 따라 소유량 투입 가능하고 또한, 침전에 의한 밸브 및 배관 각힘으로 투입량 변동이 발생하였으나 튜브펌프 시스템을 적용한 후 일정량 투입이 가능하여 최적 알카리를 유지할 수 있었으나 맥동 저감을 검토 적용한 일정압력 유지밸브의 구조가 유량 흐름을 방해하였다.

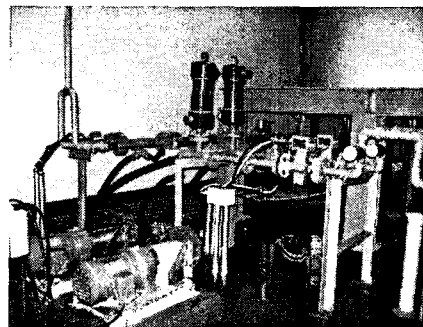


Fig 6 View of tube pump system

Back Pressure V/V 밸브는 흡입 및 토출 구조가 요철형태이며 타원형 구멍(hole)의 하부에서 상부로 흡입되어 중앙 토출구로 넘어 들어가는 형태로 이 요철 부위에 소석회 침전되어 흐름을 막게되어 설정된 투입량이 일정시간 후 급격히 감소한 후 완만하게 감소하는 현상을 나타냈다. Fig 7, 8은 Pressure-keeping v/v의 요철과 이 구조에 의한 배관 막힘으로 유량이 감소하는 현상을 보여주고 있다.

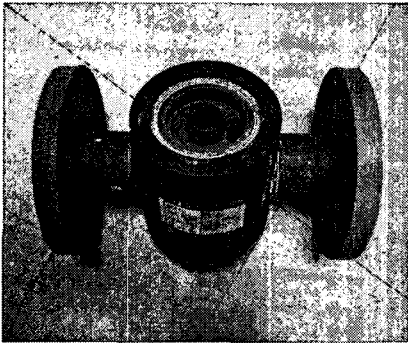


Fig 7. Pressure-keeping v/v with groove

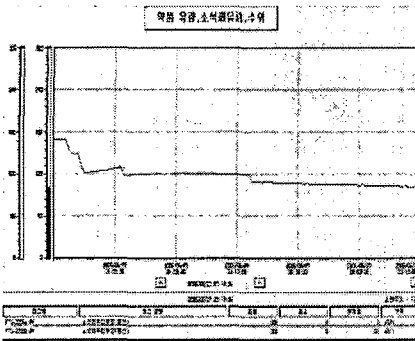


Fig 8. Decrease the flow for groove

### 3. 결과 및 고찰

앞 장의 결과와 같이 알카리제의 주입율은 원수의 알카리도, PH, 응집제 주입을 등을 참고로 하여 정하도록 하고 있으며 알카리제를 용해 또는 희석하여 사용할 때의 농도는 주입량이 적절하고 취급상으로 용이해야 한다. 그럼에도 불구하고 정수생산량이 시설용량 대비 20% 이하인 경우에는 밸브제어로는 소유량 약품제어가 곤란함을 실증을 통하여 알 수 있었다. Fig 8,

9는 밸브제어시스템과 튜브펌프제어시스템의 유동을 나타내고 있다.

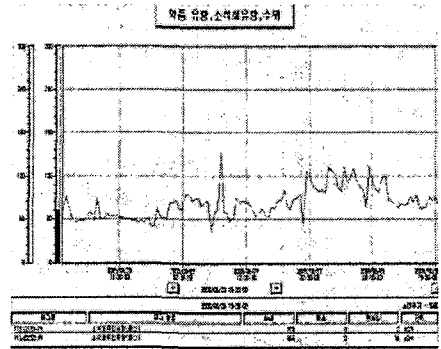


Fig 8. Flow rate for valve control system

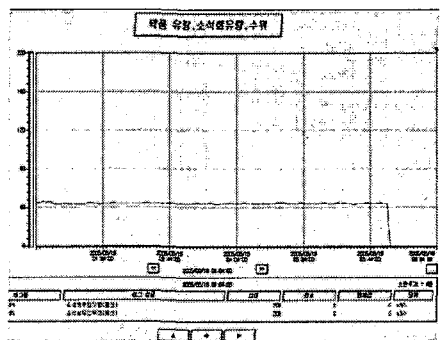


Fig 9. Flow rate for tube pump system

Table 2. Comparison of the water quality in corrective injection before and after.

구분	수질	탁도		PH		구분
		원수	침전수	원수	정수	
최대	전	1.71	0.52	7.60	7.10	
	후	1.43	0.40	7.60	7.40	
최소	전	0.82	0.34	7.30	7.00	
	후	0.81	0.25	7.30	7.10	
평균	전	1.29	0.44	7.45	7.04	
	후	1.21	0.32	7.45	7.29	

※ '04년, 05년 5월 수질 data

원수 탁도가 거의 비슷하지만 침전수 탁도는 전년도에 비해 소석회 투입후 27%정도 개선효과가 있었으며 pH는 전년도에 비해 약 4% 상승효과

가 있었다. 이에 따른 부식지수는 -3.1에서 -2.5로 20%상승하여 관부식 방지에 대한 효과가 높아졌다. Fig 10, 11은 저용해성 액체에 대한 정량 투입 전,후의 탁도 및 PH의 변화를 보여주고 있다.

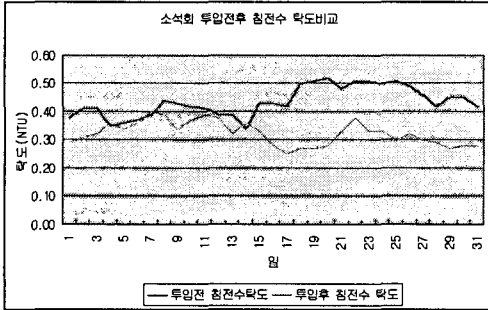


Fig 10. Comparison of the turbidity in corrective injection before and after.

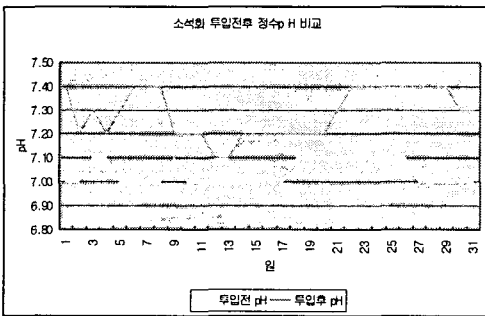


Fig 11. Comparison of the PH in corrective injection before and after.

#### 4. 결론

상수도 수처리 과정에서 저용해성 액체를 소량 투입하는 경우에 용해수 펌프 및 배관, 각종 밸브, 제어케이블 등을 용적형 호스펌프(인버터 포함)로 대체됨으로써 설비가 단순하고 안정적 운영이 가능하였고 이로 인하여 최적 PH, 알카리도 유지 및 응집효율 향상에 따른 탁도 저감으로 개선된 수질을 유지하였다. 또한, 불안정한 약품투입방법을 개선함으로써 소유량을 포함하여 전체 범위에서 정확한 약품투입이 가능하였으며 소석회와 같이 용해도가 0.1%로 극히 적은 분말 용해수의 침전성 및 소유량 약품투입 정확도를 개선한 약

품정량투입시스템에 대한 기술 향상 및 수처리 원가절감에 기여할 수 있음을 확인 하였다.

#### 참고문헌

- [1] Kawamura, S., "Optimisation of basic water-treatment processes design and operation : coagulation and flocculation", J.Water SRT, 45(1), 35-47, 1996
- [2] Kawamura. S., "Integrated Design of Water Treatment Facilities. John Wiley & Sons", INC, 1991
- [3] AWWA, "Water Treatment" pp 51~83
- [4] AWWA, "Water Transmission and Distribution" pp 55~82
- [5] 오정익, 변종석, 오영진, 목진영, 안규홍, 이석현 "In-line 응집/정밀여과 정수공정의 운전 최적화를 위한 약품주입제어", 2004
- [6] 방미란, 김영일, 배병욱, 임봉수, "소석회 투입방법에 따른 정수장 응집제 효율평가", 1997
- [7] 한국수자원공사 "제1회 수도설계 전문가 Workshop : 혼화 및 응집분야" 1998
- [8] 한국수자원공사, "정수장 자동화 및 정수 관련 기자재의 개발"
- [9] 한국수자원공사, "원수수질특성에 따른 수처리설비 및 공정관리 최적화 방안"
- [10] 환경부, 상수도시설기준" pp 196~206
- [11] Igor J. Karassik "Pump Handbook, McGRAW-HILL BOOK CO" pp3.1~3.119