

상수도의 저용해성 액체 정량투입 방안 연구

김진훈* · 박종호**

1. 서론

원수 중에 부유하는 콜로이드성 미세입자는 쉽게 침전하지 않으며, 급속여과에서는 이들 입자의 대부분이 여과사층에 억류되지 않고 통과한다. 그러므로 이들 입자를 제거하기 위하여 수처리제를 주입하고 수중의 현탁물질을 서로 응집시켜 침전이 잘 되는 floc의 형태로 만들어 주어야 한다. 따라서 거의 모든 정수장에서는 전처리로서 수처리제에 의한 응집이 불가피하고 수처리에 사용되는 약품은 응집제, 응집보조제, 알카리제 등이 있다. 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 용해피더방식으로 크게 구분되며 건식피더방식은 체적 또는 중량피더방식으로 구분된다. 용해피더방식은 자연유하 흐름을 유량계와 조합한 밸브제어, 미터링펌프(정량다이아 펌프, 튜브펌프 등), 로터 디퍼휠 방식 등이 있다.

소석회 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Calcium Hydroxide, 수처리용 CaO 70%이상, 100Mesh)는 알칼리 및 탁도(濁度) 제거에 사용되는데 응집 정확도가 좋고 적수(赤水) 방지 작용도 있다. 정수처리 투입공정에서 소석회의 가장 중요한 특성은 용해도가 0.12% (10~30℃)로 극히 미량이 물에 녹기 때문에 침전성이 강하다는 것이다. 이러한 특성 때문에 소석회 희석액 투입은 침전성을 고려하지 않으면 정량(精量) 투입에 어려움이

있다. 본 연구에서는 알카리제로 소석회를 물에 희석하여 사용하고 특히 소유량 제어가 필요한 정수장의 정량투입방안에 대하여 고찰하였다. 아울러 밸브비례 제어 시 발생하는 막힘현상, 소유량 제어 한계성 등 제반 문제점을 분석하고 소유량 영역에서도 정량성(精量性)이 확보될 수 있도록 투입방식을 개선하여 최적 수처리 및 수질사고를 예방할 수 있는 단순화된 설계 방안을 제시 하고자 하였다.

2. 투입설비 형식별 분석

2.1 밸브제어에 의한 약품 주입

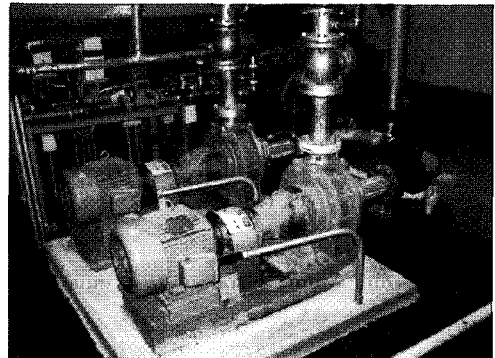


Fig. 1 Flow control system in combined flowmeter and control valve

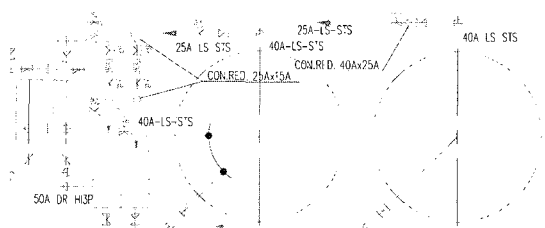


Fig. 2 Drawing of the valve control system

* 한국수자원공사

** 충남대학교 기계공학과 교수

E-mail : jinhoon@kowaco.or.kr

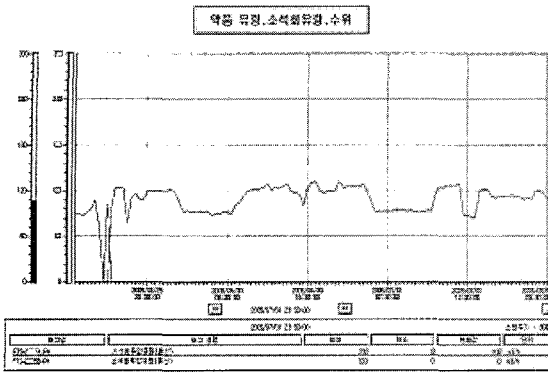


Fig. 3 Fluctuating and decreasing of valve control (Calcium Hydroxide)

밸브제어방식의 소석회 투입은 펌프 가압수가 이젝터를 통과하는 순간에 발생하는 진공압에 의하여 탱크로부터 소석회를 배관에 투입시키며 유량계에 의하여 계측된 유량신호에 비례하는 밸브 개도 조절에 의하여 투입량을 제어하도록 설치된다. 수처리 용량이 시설용량 대비 낮은(20% 이하) 경우에는 소석회 투입량도 소유량 투입하게 되며 이 경우 액추에이터 작동 정확도, 밸브구조, 제어신호 오차 등 여러 가지 인자로 인하여 소유량 정밀제어가 사실상 불가 하였다.

Figs. 1과 2는 밸브제어시스템의 일반적인 외형 및 배관도이다.

소석회 탱크 수위를 이용한 자연유하 흐름에서 밸브비례제어로 투입할 경우 밸브 전·후단 및 곡관부위에 소석회가 침적되어 적정 소석회 투입이 곤란하였다. 이 경우 소석회 배관을 일정 시간 주기로 세척을 함으로써 관 막힘을 해소할 수는 있으나 약품 정량투입에는 별 도움이 되지 못했다. Fig. 3은 밸브 개도 제어 시 밸브, 배관 막힘에 의한 유량 감소·회복의 반복 및 유량변동을 나타내고 있다.

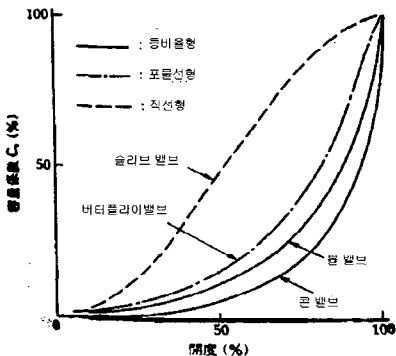


Fig. 4 Valve characteristics of flow

Table 1 Valve position and flow measurement

V/V Open (%)	Flow (l/min)	Remark
10	0.0	Empty pipe
20	2.8	fluctuating
30	5.7	fluctuating
50	5.9	fluctuating
100	19.4	fluctuating

제어용 밸브는 개도의 등량 증가분에 대한 유량의 증가분이 등비례가 되는 Equal-percentage 특성을 가지고 있어야 하며 Fig. 4에서 보듯이 볼밸브, 콘밸브 등이 적합하다. 그러나 밸브구조가 비교적 복잡하고 밸브제어 시 관내 정체에 의한 소석회 침적으로 소유량 영역에서 유량제어에 한계가 있다.

소석회 투입상태를 점검하기 위하여 밸브 개도 조절을 실시하고 소석회 용액에 대하여 각 개도별 유량 계측 상태와 밸브작동 상태를 확인한 결과 Table 1과 같았다. 밸브 열림 상태가 10%이하 실제 소유량 제어가 필요한 유량영역에서는 계측이 되지 못하였고 10% 초과부터는 유량계측이 가능 하였으나 변동이 과대하였고 실제 필요한 소유량 제어는 불가했다.

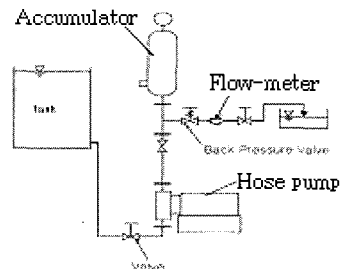


Fig. 5 Layout of tube pump system for flow control

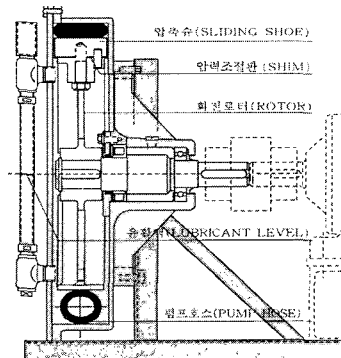


Fig. 6 Cross-sectional view of tube pump

2.2 튜브펌프에 의한 주입량 제어

소석회 침적에 의한 막힘을 해소하기 위해서는 일정 압력으로 밀어줄 수 있는 구조가 단순한 설비가 요구되고 소유량 투입에도 재현성(±1% 범위)이 유지되어야 하며 원수 유입량, 알카리도 및 탁도 등 수량·수질자료와 연계하여 자동투입이 가능하도록 설계되어야 한다.

이러한 조건을 만족하는 설비로 호스펌프를 고려하였고 용적형 펌프 특유의 백동을 저감하기 위하여 어큐뮬레이터와 Back Pressure Valve를 설치하여 투입량 변화가 최소가 되도록 구성하였다. Figs. 5와 6은 호스펌프 구조 및 백동저감을 위한 배관구성도이다. 밸브제어 시 사용하는 각종 밸브, 이젝터, 물펌프 등 제반 설비를 모두 생략하고 호스펌프와 어큐뮬레이터만 배관에 설치하여 시스템을 단순화시켰다.

소석회 투입을 인버터에 의한 호스펌프 회전수 제어방식으로 변경하여 정확한 소유량 투입이 가능하고 침적에 의한 막힘 현상이 발생하지 않았다. 또한 원수 유입량을 고려한 소유량 정량 투입이 가능하였다. 이로 인해 최적 pH 범위를 유지할 수 있었으나 백동 저감을 위하여 설치한 Back Pressure Valve가 오히려 흐름을 방해하였다. Figs. 7과 8은 호스펌프

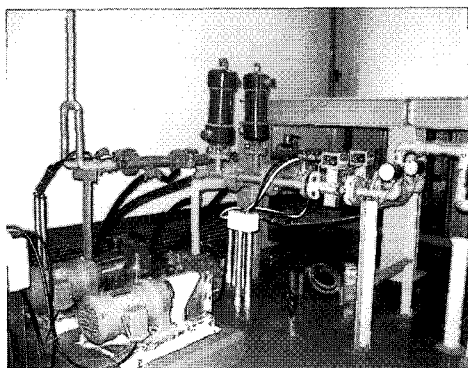


Fig. 7 View of the tube pump system

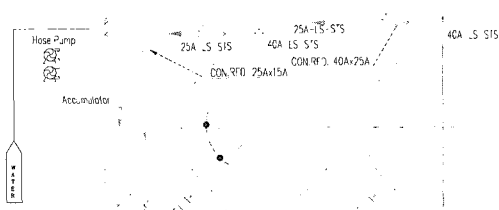


Fig. 8 Drawing of the tube pump system

시스템 설치광경 및 배관도를 보여주고 있다.

Back Pressure V/V는 흡입 및 토출 구조가 요철 형태이며 타원형 구멍(hole)의 하부에서 상부로 흡입되어 중앙 토출구로 넘어 들어가는 흐름 구조이며 이 요철부위에 소석회가 침적되어 흐름을 방해하고 설정된 투입량이 일정시간 후 급격히 감소한 후 완만하게 줄어드는 현상을 나타냈다. Figs. 9와 10은 Pressure-keeping V/V의 요철구조 및 배관 막힘으로 유량이 감소하는 현상을 보여주고 있다.

3. 결과 및 고찰

앞 장의 결과와 같이 알카리제의 주입율은 원수의 알카리도, pH 및 응집제 주입율 등을 참고로 하여 정하도록 하고 있으며 알카리제를 용해 또는 희석하여 사용할 때의 농도는 주입량이 적절하고 취급상으로 용이해야 한다. 수처리 물량이 시설용량 대비 20% 이하인 경우에는 밸브제어로는 소유량 제어가 곤란함을 알 수 있었다.

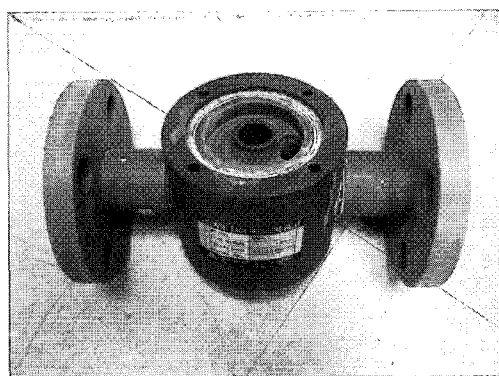


Fig. 9 Pressure-keeping v/v with groove

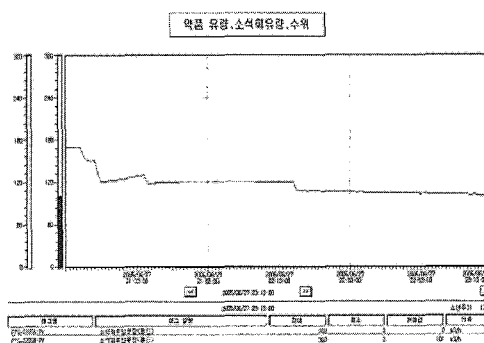


Fig. 10 Flow decrease of the pressure-keeping v/v with groove

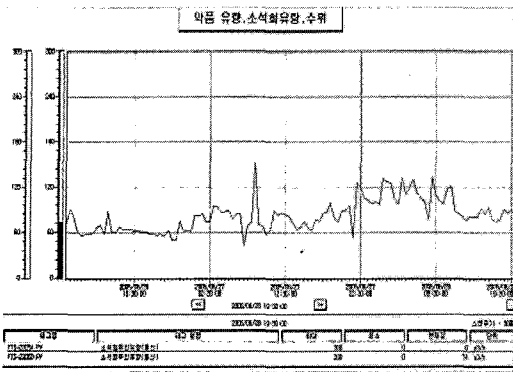


Fig. 11 Flow rate of valve control system

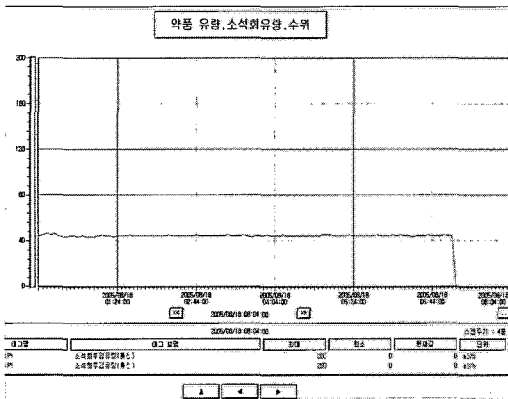


Fig. 12 Flow rate of tube pump system

Figs. 11과 12는 밸브제어시스템과 튜브펌프제어시스템의 유동을 나타내고 있다. 밸브 제어의 경우에는 소유량 제어가 불가하였고 일정량 이상의 경우에는 유량계측이 가능하였으나 유량변동이 과대한 반면 호스펌프에 의한 유량제어 시 소유량 제어가 가능하였고 회전수 변화에 따른 재현·정확성이 확보 되었고 막힘 현상이 전혀 발생되지 않았다.

원수 탁도가 비슷한 경우를 샘플링하여 수질을 비교한 경우 침전수 탁도는 전년도에 비해 소석회 투입 후 27%정도 개선 되었으며 pH는 전년도에 비해 4% 상승효과가 있었다. 이에 따른 부식지수는 -3.1에서 -2.5로 20%상승하여 관부식 방지에 대한 효과가 높아졌다. Figs. 13과 14은 저용해성 액체에 대한 정량 투입 전·후의 탁도 및 pH의 변화를 보여주고 있다.

4. 결론

상수도 수처리 과정에서 저용해성 액체를 소유량

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

Quality	Value	Turbidity		PH	
		raw water	clarified water	raw water	filtered water
Max	before	1.71	0.52	7.60	7.10
	after	1.43	0.40	7.60	7.40
Min	before	0.82	0.34	7.30	7.00
	after	0.81	0.25	7.30	7.10
Ave	before	1.29	0.44	7.45	7.04
	after	1.21	0.32	7.45	7.29

※ '04년, '05년 5월 수질 data

Comparison of the turbidity

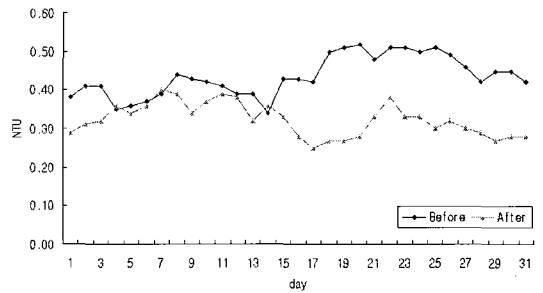


Fig. 13 Comparison of the turbidity in correct injection before and after.

Comparison of pH

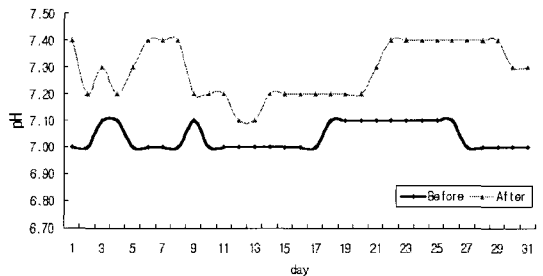


Fig. 14 Comparison of the PH in correct injection before and after.

투입하는 경우에 용해수 펌프, 이젝터 및 제어밸브 등을 용적형 호스펌프(인버터 포함)로 대체됨으로써 설비가 단순하고 안정적 운영이 가능하였으며 이로 인하여 최적 pH, 알카리도 유지 및 응집효율 향상에 따른 탁도 저감으로 개선된 수질을 유지하였다. 또한, 소유량을 포함한 전체 범위에서 정확한 약품투입이 가능하였으며 소석회와 같이 용해도(0.12%)가 극히 적

은 분말 용해수의 침적성 해소 및 소유량 정밀제어가 확보되었다. 더불어 소석회와 같이 저용해성 수처리제 투입설비를 단순화한 설계방향을 제시하였고 수처리 원가절감에 기여할 수 있음을 확인 하였다. 향후 수량 뿐만 아니라 원수 수질 data와 연동한 호스펌프 제어 시스템을 구축하고자 한다.

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 투입 방법에 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 수처리 설비 및 공정관리 최적화 방안"
- (10) 환경부, 상수도시설기준 "pp. 196~206
- (11) Igor J. Karassik "Pump Handbook, McGRAW-HILL BOOK CO" pp. 3.1~119