

도류벽 설치형태에 따른 정수지내 흐름특성 및 혼화효과 분석

최계운* · 최승규** · 민경용*** · 김현수****

(Choi, Gye Woon · Choi, seung kyu · Min, kyung yong · Kim hyun soo)

1. 서론

사람의 생활에 필수적으로 필요한 물은 병원생물에 오염되지 않고 위생적으로 안전한 것이 중요하다. 그러나 물리적 방법인 침전 및 여과에 의하여는 원수중의 세균류의 완전한 제거는 사실상 불가능하다. 그러므로 세균류의 제거를 위해서는 별도의 소독공정이 필요하다. 현재까지 국내에서는 여러 가지 물의 소독방법중 소독효과가 우수하고 대량소독이 용이하며 소독효과가 지속적인 염소제에 의한 소독이 널리 사용되어왔다. 염소는 혼화지나 정수지 입구 등을 통하여 주입되는데 정수지에 도류벽을 설치하면 염소의 소독효과가 증가 되는 것으로 알려져 있다.

염소소독 효율에 영향을 주는 여러 인자중 소독공정의 설계기준으로 접촉시간(t , min)과 유리잔류염소농도(C , mg/l)를 곱한값인 'CT 값'이 매우 중요한 인자로 취급된다.

그러나 현재 국내의 대부분 정수장의 정수지는 소독공정을 염두에 두고 설계·시공된 것이 아닌 수요에 대한 원활한 공급만을 위한 물탱크의 개념으로 도입된 것이 대부분이다. 그러므로 정수지에서 효율적인 소독을 위해서는 후염소주입 이후 충분한 접촉시간과 물을 일정시간 체류시켜 투입된 염소가 완벽하게 혼화되도록 하여야하며 이때 도류벽을 설치하면 크게 도움이 된다.

2001년 현재 국내 정수장의 도류벽 설치현황을 조사한 결과 조사된 426개소중 7.7%에 불과한 33개소만이 1개 이상의 도류벽을 설치·운영하고 있으나 이들 역시 도류벽의 기능보다는 정수지 상부의 구조물에 대한 하중분산을 위해 도입되어 실제로는 도류벽으로서의 충분한 기능을 하지 못하는 경우도 있으며 이와 같은 현상이 발생하게 된 원인으로는 국내에는 정수장 설계시 도류벽의 설치기준이나 도류벽 설치에 관한 연구가 거의 전무한 것이 국내 정수장에 도류벽이 거의 없게된 하나의 원인이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 사용중인 정수처리시스템의 하나인 정수지나 배수지에 대하여 도류벽을 설치 운영중인 정수지와 비교하여 수리모형을 통해 도류벽이 설치되었을 경우 도류벽 형태에 따른 정수지내 흐름특성과 혼화효과에 대하여 분석하였으며 가장 효율적인 차등분배 중앙분리형의 도류벽을 제안하였다.

2. 예비시험(Pilot Plant)에서의 수리흐름변화

2.1 예비시험(Pilot Plant) 모형

도류벽의 사수부 제거효율을 높이기 위하여 유입구와 유출구의 직경이 동일한 원형 유공보다 유입구 직경을 크게 확장하여 유입구 직경이 3cm이고 유출구 직경은 1.5cm로 한 차등분배 정류분배조(유공)를 설치하였으며, 유공율은 5.3%로 하였다.

모형 정수지내에서의 유속측정결과 중간부의 유속이 빠르게 나타나므로 유공을 고르게 분포시키는 도류벽과는 달리 중앙보다 상, 하부에서 유공의 유공율을 크게 하였다. 또한, 양쪽 측면도류벽에서는 벽면쪽에 사수부가 많이 발생하므로 벽면부근의 유공율을 크게 하였고 중앙도류벽에서는 바깥쪽보다 중앙의 유공율이 크도록 제작하였다. 유공의 설치효과를 판단하기 위하여 두 번째의 중앙도류벽과 양쪽 측면 도류벽에 설치하였다. 양단 축소형 유공에 의한 차등 분배 중앙분리형 도류벽은 그림 2와 같다.

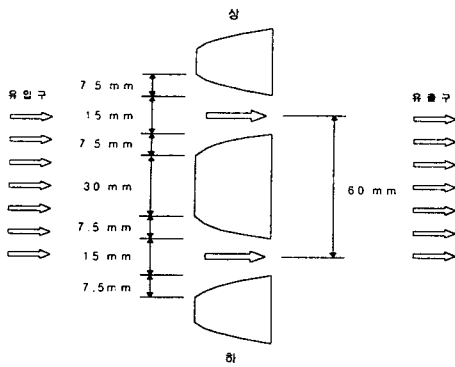


그림 1 차등분배 중앙분리형 도류벽 단면도

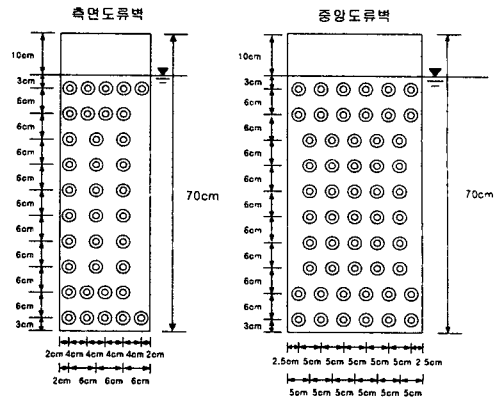


그림 2 차등 분배 중앙분리형 도류벽

2.2 예비시험(Pilot Plant) 결과

예비시험의 결과를 보면 접촉시간이 미설치시에 비하여 도류벽의 설치시는 약2배 가까운 차이를 보이나 기존 도류벽과 새로이 제안된 도류벽과의 성능차이가 크게 두드러지지 않는다. CT값의 경우는 미설치시에 비하여 도류벽 설치시는 약2.2~2.7배 정도의 효과가 나타났으며, 소독능의 경우는 도류벽의 미설치시에도 소독능을 거의 만족했다.

표 1 예비시험(Pilot Plant)결과

평가항목	미설치	기존 도류벽	제안된 도류벽	비고
T(Theoretical Retention Time)	60분	60분	60분	
T ₁₀	21분	44분	56분	CT계산의 T값
T ₉₀	160분	210분	220분	투입량의 90%유출시간
T ₁₀ /T(β)	0.35	0.73	0.93	Baffling Factor
Morill index = T ₉₀ /T ₁₀	7.62	4.77	3.9	plug flow=1
CTcal(ppm×min)	16.8	35.2	44.8	
CTreq	17	17	17	
CTcal/CTreq	0.99	2.07	2.64	1이상 시 소독능을 만족

3. 실제 현장시험에서의 수리흐름변화

3.1 시설현황

실제 정수장의 추적자 실험은 경상남도군의 J정수장과 Y정수장에서 실시하였다. J정수장이 운영체적이 414.72m³(W9.6m×L9.6m×H4.5m)이며, 평균 운영수위는 3.8m이며, 평균 사용량은 300m³/day이며 Y정수장의 운영체적은 414.72m³(W9.6m×L9.6m×H4.5m)이며, 평균 운영수위는 4.0m이며, 평균사용량은 400m³/day이다. 두 정수장 모두 크기의 차이를 제외한 다른 부분은 동일한 정수시스템으로 되어 있다.

3.2 실험조건

본 실험은 도류벽이 없는 경우와 중앙분리형 도류벽의 경우 및 P.D.F. 차등 분배 중앙분리형 도류벽에 대하여 실시하였다. 그러나, 실험을 실시한 지역의 두 정수장 모두 일일 물사용량이 상당히 적어 실험의 어려움이 있어 일정한 양의 물을 유입시키고 퇴수관을 열어 수위를 일정하게 유지하였으며 현장조건은 다음 표 2와 같다.

표 2 정수장의 시설현황

	J정수장	Y정수장		비고
	도류벽이 없는 경우	중앙분리형도류벽	P.D.F.차등분배 중앙분리형도류벽	
구 격	(W9.6×L9.6×H4.5) 414.72m ²	(W9.6×L9.6×H4.5) 414.72m ²	(W9.6×L9.6×H4.5) 414.72m ²	
실 험 운영수위	평균 3.6m	평균 3.5m	평균 4.8m	
실험체적	W9.6×L9.6×H3.6 =332m ³	W9.6×L9.6×H3.5 =322m ³	W9.6×L9.6×H4.8 =442m ³	
유 입 량	80m ³ /hr	48m ³ /hr	48m ³ /hr	
이 른 적 채류 시간	25분	80분	110분	
잔류 염소	0.8ppm	1.1ppm	1.6ppm	
수 온	7.0℃	7.0℃	7.0℃	

3.3 실험방법

- 추적자는 Pilot plant에서 사용한 약품과 동일한 하이포아염소산(hypochlorous acid)이라고도 하는 차아염소산나트륨용액을 사용하였다.
- 투입방법은 여과지에서 정수지로 유입되기전 여과수와 추적자가 완전히 혼합되도록 일시적으로 투입하고, 시료는 정수지의 수위를 맞추기 위해 열어놓은 퇴수관으로 흘러나오는 물을 채취하여 실험 하였다.
- 샘플링 간격은 초반 누출을 우려하여 도류벽이 없는 경우는 최초 5분간 30초 간격으로 이후 간격을 차츰 늘려나갔으며, 도류벽이 있는 경우에는 최초 10분간 2분간격으로 실시하였으며 이후 10분 간격으로 샘플링을 실시하였다.
- 채취한 시료에 대하여 현장에서 온도와 염소농도를 측정하였다.
- 시험결과에 따른 계산 방법은 Pilot Plant에서와 동일하게 실시하였다.

3.4 실험결과

표 3에서 보듯이 T_{10}/T (β)값은 도류벽이 없는 경우 0.18에서 중앙분리형 도류벽을 설치 후 0.74(보통)로 향상되었으며, P.D.F. 차등중앙분리형도류벽 설치 후 0.90(우수)으로 향상되었다. 또한, 소독능(CT_{cal}/CT_{req})의 경우 실험조건에서는 도류벽을 미설치한 경우 0.15로 기준치인 1.0의 소독능을 만족시키지 못했으나, 도류벽 설치 후 중앙분리형도류벽의 경우 2.75, P.D.F. 차등중앙분리형도류벽의 경우 7.33으로 소독능을 만족시키는 것으로 나타났다.

표 3 도류벽 종류에 따른 수리흐름 변화

평가항목	J정수장	Y정수장		비고
	미설치	중앙분리형도류벽	P.D.F.차등분배 중앙분리형도류벽	
T(Theoretical Retention Time)	25분	80분	110분	
T_{10}	4분 30초	60분	100분	CT계산의 T값
T_{90}	170분	320분	540분	투입량의 90%유출시간
T_{10}/T (β)	0.18	0.74	0.90	Baffling Factor
Morill index = T_{90}/T_{10}	37.78	5.22	4.91	plug flow=1
CT_{cal} (ppm×min)	3.6	66	176	
CT_{req}	24	24	24	
CT_{cal}/CT_{req}	0.15	2.75	7.33	1이상시 소독능을 만족

4. 결론

국내에서 사용되는 정수처리시스템내 정수지에 도류벽이 설치되는 경우 소독공정에 크게 도움이 되는 것으로 알려져 있으나, 2001년까지의 집계에 의하면 조사된 정수장 426개소 중에 7.7%만이 도류벽을 설치하고 있다. 이는 국내의 도류벽 설치에 따른 효과 분석이 미미하고 도류벽의 형상과 특성에 따른 효율에 대한 실험 근거 및 검토자료가 부족한 때문이다.

본 연구에서는 염소소독 효율에 영향을 주는 여러 인자중 소독공정의 설계기준으로 접촉시간(t , min)과 유리잔류염소농도(C , mg/l)의 곱인 CT값의 측정실험을 통하여 도류벽 설치에 따른 정수지내 혼화효과를 향상시키는 방안을 연구하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째로, 도류벽을 설치하지 않은 경우에 비하여 도류벽을 설치한 경우에는 접촉시간을 약 14~24배정도 증가하여 도류벽의 설치가 약품의 혼화에 더욱 유리하다는 것이 실험을 통하여 검증되었다.

둘째로, 도류벽이 있는 경우와 없는 경우를 비교하여보면 가장 큰 차이는 소독능을 예로 들 수 있다. 도류벽이 설치되지 않은 경우는 소독능이 만족치인 1.0에 크게 못미치는 0.15인 반면에 도류벽을 설치한 경우에는 1.0을 크게 상회하고 있다. 이는 도류벽을 설치한 경우 흐름특성이 변하여 혼화효과가 뛰어난을 나타낸다.

셋째로, 도류벽 설치시 중앙분배형 도류벽을 설치하는 경우도 소독능을 만족하고 체류시간이 증대되어 그 효과가 확실함을 입증한다. 특히, 차등분배 중앙분리형 도류벽의 경우는 중앙분배형 도류벽보다 그 효과가 더욱 뛰어난을 실험결과를 통하여 알수있다.

5. 참고문헌

- 건설기술연구원, 1992, "상수 수질향상을 위한 수처리 공정개선에 관한 연구".
- 유명진, 조용모, 1996, "상수처리(정수의 기술)", 동화기술, pp. 78~89.
- 인천대학교 환경·방재연구소, 2001, "P.D.F. 정류벽의 정류효과 측정 및 분석연구".
- 한국수도협회, 1997, "상수도시설기준", pp. 210~216.
- 한국수자원공사, 1991, "정수처리 능력 향상에 관한 연구(1차년도)", pp. 20~26.
- 한국수자원공사, 1992, "정수처리 능력 향상에 관한 연구(2차년도)", pp. 12~43.
- 한국수자원학회, 1998, "상수도 공학의 이론과 적용", pp. 265~315.
- 환경부, 1997, "기존 정수장 효율향상 기술", pp. 595~599.
- Edzwald, J. K, 1993, "Coagulation in Drinking Water Treatment" : Particles, Organics and Coagulants, Wat. Sci. Tech., Vol. 27, No. 11, pp. 21~35.
- Hudson, H. E. Jr, 1981, "Water Clarification-Process", Practical Design and Evaluation, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Kawamura, S., 1991, "Intergrated Design of Water Treatment Facilites", John Wiley & Sons, Inc.
- Schreiber, J. S., 1981, "The Occurrence of Trihalomethanes in Public and Water Supply Systems of New York State", AWWA, Mar., pp. 154~159.
- Weber, W. J. Jr., 1972, "Physico-Chemical Processes for Water Quality Control", John Wiley and Sons Inc.