

論 文

凝集攪拌強度 및 沈澱池 越流 負荷率 改善을 통한
既存 淨水場의 淨水處理能力 向上

Upgrading of the Existing Water Treatment Plant Through
Improvement of Mixing Intensity of the Flocculator and
Weir Loading of the Sedimentation Basin.

최 계 운* · 곽 창 호** · 김 량***
Choi, Gyn-Woon · Goak, Chang-Ho · Kim, Ryang

Abstract

In this paper, the unit processes in the typical water treatment plant, which need to be expanded because the water demand is over the existing water treatment capacity in the near future, were carefully examined to upgrade the water treatment plant. The models were installed in the fields as a distorted model based upon the hydraulic similitudes. The models having the constant discharge ratio in the unit processes between the model and the prototype were installed as two units to compare the treatment efficiencies. The capacity of the individual unit, which is a model of the prototype of 250,000m³/day capacity, was 24m³/day.

In the mixing and flocculation experiments, the mixing intensity of flocculators G was selected as the main experimental item. The optimal mixing intensities G, which are 65/sec for experimental discharge of 1m³/hr and 85/sec for experimental discharge of 1.3m³/hr, are identified based upon the comparison the relative turbidity removal efficiencies. Also, the outlet weir loading was selected as the main experimental item in the sedimentation process.

Through the continuous experiments with the main experimental items of the mixing intensity of flocculators G and the outlet loading of the weir in the sedimentation basin, about 20% upgrading compared to the existing water treatment capacity was obtained.

1. 序 論

정부수립 시기인 1948년 18%이던 상수도 보급율은 1993년말 현재 80%를 상회하고 있으며

* 한국수자원공사 수자원연구소 상하수도연구실 책임연구원

** 한국수자원공사 수자원연구소 상하수도연구실 연구원

*** 한국수자원공사 수자원연구소 상하수도연구실장

국민 1인당 급수량도 1948년에 66ℓ이던것이 380ℓ 정도로 증가하였다.

이와같은 증가추세는 앞으로도 지속되어 상수도 보급율은 2000년대 초기에는 90%수준까지 이를 것이며 1인당 급수량도 생활수준 향상과 발맞추어 지속적으로 증가할것으로 예상되는바, 이를 위해서는 신규 취수원인 대, 중, 소규모 댐이나 정수처리 시설들이 대폭적으로 건설되어야 하나 그에 따른 부지 및 제원의 확보에 많은

어려움이 예상될 뿐만아니라 국민들의 부담도 엄청나게 가중될 것이다. 따라서, 기존 건설되어 운영되고 있는 정수장 시설을 가능한 범위에서 최대한 활용하든지 적은 비용을 투자하여 일부시설의 교체나 보강등을 통하여 정수처리 능력을 향상시킨다면 이와같은 엄청난 투자비를 효율적으로 절약할 수 있을 뿐만아니라 국민들의 부담도 경감시키고 나아가 국가경영에도 이바지하게 될 것이다.

이와같이 기존 설치된 정수장 시설을 이용한 정수처리용량의 개선사례는 미국, 구미등에서 여러 사례를 발견할 수 있는데 이들나라에서는 주로 기존 정수장내 각각의 공정을 진단하여 정수처리상 부적정 요인을 제거하거나 개선하였으 며 또한 신규 정수처리 기술을 기존시설에 도입 하므로써 정수수질을 개선하고 나아가 양적 문제를 해결하였다. 특히, 미국의 경우는 1974년 SDWA(Soft Drinking Water Act)의 수질요건 강화에 발맞추어 대대적인 기존 정수처리공정 및 운영방법에 대한 검토 및 평가가 종합적으로 이루어졌으며, 이 평가결과에 따라 각 단위공정 별 개선방안을 수립하고 정수장에 실제 적용하므로써 정수처리 능력을 향상시킨 사례들이 많다. 미국 Florida주의 Manatee 정수장에서는 혼합설비 및 침전지 유입측 형상등을 개선하여 정수 생산량을 46%나 증가시켰으며 정수장 신설에 소요되는 건설경비 200만불을 절감하였다.³⁾ 또한 미국 San Diego 시의 Alvarado 정수장에서는 여과설비의 교체와 침전지 유출웨어에 V 형 notch 등의 설치를 통하여 정수처리능력을 30%나 향상시켰으며 Miramar 정수장에서는 수평 배분식 응집기를 고 에너지 응집기로 교체하고 2중 여과방식등을 채택하여 정수처리 능력을 30%가량 향상시켰다.¹¹⁾ Oregon주의 Corvallis 정수장에서도 다중여과방식과 침전지내 경시판 설치등을 통하여 생산량을 2.5배 증가시키는등의 많은 정수처리능력 향상사례가 있다.

현재 국내 정수장을 살펴볼때 정수장 시설들이 대상 원수에 대한 자세한 수질조사를 실시하지 않고 상수도 시설기준에만 의존하여 설치되고 있어 정수장 유입원수의 실제 여건과 부합되

지 않는 경우가 많다. 특히, 재래식 정수장내 탁도제거효율에 큰 영향을 미치는 혼화기나 응집기의 교반강도 조차도 유입원수 수질에 대한 정확한 조사나 적정 강도에 대한 실험없이 설치되고 있는 실정이며 설치된 이후에도 거의 조정없이 사용되고 있다. 더군다나 뽀뽀 정수장에서는 응집기나 혼화기의 교반강도가 조정될수 있는 설비도 아니어서 정수수요 변화등에 따른 교반강도 조정이 불가능하다.

침전지 유출웨어도 상수도 시설기준에 의하여 설치되고 있으나 상수도 시설기준에는 침전지 유출웨어의 최대 부하율 기준만이 있을뿐 웨어의 설치형식등에 대한 직접적인 언급이 없다. 특히, 설치 형식에 따라 침전지내에서의 침전형태가 다르고 수질이나 침전지 길이등에 의하여도 침전형태가 영향을 받는것을 고려한다면 이에 대한 세심한 연구나 고려가 필요한 실정이다. 통상 설치되는 침전지 유출웨어의 형태는 침전지내 흐름방향과 일치되게 설치되는 유출웨어(finger형 유출웨어), 침전지내 흐름방향의 직각 방향 유출웨어(횡방향 유출웨어) 및 혼합형태로 대별되는데, 최근에는 finger형 유출웨어나 혼합형태가 비교적 많이 이용되고 있는 실정이다. 현재, 국내에서는 유출웨어에 대한 연구가 상당히 미미한 상태에 있으며, 이에 대한 연구로는 김홍석(1990)의 정류벽과 유출웨어 형태에 대한 실험연구등이 있을 뿐이다. 1946년 미국 NRC(National Reserch Council)⁶⁾에서 발생된 보고서에는 침전지에서의 沈澱效率에 관한 이론을 정립하여 유출웨어의 負荷率이 상당히 중요하다고 결론지은 것에 비하여 1953년 Camp⁹⁾는 침전탱크에 대한 실험을 실시하여 침전지 유출부의 설계가 침전효율에 그다지 영향을 미치지 않는다는 결론을 내렸다. Ingersoll¹⁰⁾ 등은 직사각형 침전탱크에서 NRC이론과 Camp의 이상적인 침전실험과는 비교할 수 없다고 Camp의 실험을 반박하였다. 또한 WPCF(Water Pollution Control Federation)¹²⁾는 1959년 이른바 'Ten State Standards'에서 설계권고 規程을 제정함과 아울러 유출웨어의 월류부하율에 따른 flocc 제거효율과의 관계를 실험하였다. 1959년 Rankin은 침전탱크

내의 웨어에 대한 論文에서 웨어의 길이, 율류 부하율, 설치된 웨어의 갯수 등에 대하여 연구하였다. 이와같은 연구들을 종합하여 볼때 어떠한 한편일률적인 규정을 모든 정수장에 그대로 적용하기보다는 실제 정수장의 각종 조건을 감안하여 유출웨어를 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다. 또한, 현재 국내에 설치된 여러 정수장을 실제로 조사하여 본 결과, 일단 침전지내 하류부에 침전되던 많은 floc들이 유출웨어, 특히 말단 유출웨어부에서 재부상하여 율류부를 통하여 유출되고 있었으며 이와같은 현상은 유출웨어 형식이나 지역에 따라 다르게 나타나고 있었다. 이와같은 문제점을 해결하고 나아가 정수처리 능력을 향상시키는 방안모색을 실제 정수장 시설을 이용하여 실시하는것이 바람직하지만 기존 정수장이 국민들에게 정수공급을 위하여 지속적으로 운영되고 있고, 자칫 바람직하지 않은 수질을 국민들에게 공급할 우려도 있기 때문에 모형실험장치를 설치하고 정수장에 유입되는 원수를 이용한 모형실험 실시후 그 결과에 따라 실제 정수장내 시설을 개선하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 既存 淨水場內 凝集攪拌 強度와 沈澱池의 越流 負荷率 分析

현재 정수처리장내 설치되어있는 혼화지나 응집지내 교반강도가 원수의 수질 변화에 따라 적

정하게 결정되어야 하나, 실제 운영에 있어서는 jar 실험에 의한 약품투입량만 결정될뿐 원수 수질별 응집제 투입량에 대한 교반강도는 거의 고려되지 않고 있어 적정 운영이 어려운 실정이다.

또한 최초 설계시에는 상수도 설계기준에 의해 체류시간 T가 결정되고 이에 따라 실제처리 용량에 대한 혼화지 또는 응집지의 용적이 결정되어 고정시설로 설치되고 있으므로 정수수요가 시간적으로 변화함에 따라 실제 체류시간이 변화하고 있다. 그러나, 혼화지나 응집지내의 체류시간이 계속 변화하는 것과는 달리 속도구배를 나타내는 교반강도는 정수처리 용량에 따라 가변적으로 운영되지 않고 일정하게 운영되고 있어 처리용량에 따른 적절한 교반강도가 적용되지 못하고 있다.

또한 국내 정수장내 침전지는 건설부에서 제정된 상수도 시설기준에 의하여 설치되고 있는바, 유출웨어의 부하율에 대하여는 막연하게 "500m³/day/m 이하가 바람직한 것으로 생각되고 있으나 실제에는 구조적인 제약에서 350~400m³/day/m 정도가 한도로 생각된다."라고 언급하고 있는 실정으로 부하율에 대하여는 막연하나마 규정이 있는 실정이나 설치형식에 관여하는 언급이 없다. 표 1은 현재 국내정수장에 설치되어 있는 유출웨어의 설치형태 및 부하율 등을 나타내고 있다. 표 1에서 보는바와 같이 A, D, E, F, J정수장 등은 횡방향웨어가 설치되어 있으며 B, G, H, I정수장 등은 finger형 유출웨어

표 1. 국내 정수장 침전지내 유출웨어의 형태 및 부하율 비교

정수장명	설계용량 (M ³ /day)	침전지 제원(M) (폭 *길이 *깊이)	체류시간 (분)	weir형태	weir 부하율 (m ³ /day/m)
A	250,000	17.0*80.0*4.0	252min	횡방향 weir	412
B	300,000	18.0*76.9*4.0	300min	finger형 weir	207
C	425,000	18.0*80.0*4.5	175min	수중 finger형 weir	200
D	16,000	5.5*33.0*3.2	210min	횡방향 weir	223
E	20,000	10.0*50.5*3.5	252min	"	317
F	20,000	10.0*31.6*4.0	180min	"	158
G	150,000	18.0*50.0*3.5	90min	finger형 weir	381
H	150,000	18.0*80.0*4.5	186min	"	144
I	75,000	11.6*46.6*4.7	192min	"	260
J	70,000	15.0*50.0*4.0	246min	횡방향 weir	364

가 설치되어 있고 C정수장은 수중 finger형 유출웨어가 설치되어 있다.

유출웨어 부하율은 250,000m³/day 규모의 A정수장이 가장 큰 412m³/day/m의 부하율을 나타내고 있으며 150,000m³/day 규모의 H정수장이 144m³/day/m로 가장 작은 부하율을 보이고 있으며 A정수장과는 약 3배의 차이를 보이고 있다. 또한, 200,000m³/day 이상의 대형정수장에서는 A정수장을 제외한 정수장이 약 200m³/day/m의 부하율을 보이는데 비하여 A정수장은 2배나 높은 부하율을 보이고 있다. 이를 미국의 경우와 비교해 보면 미국 미시시피강 하수도 위원회에서 제정된 설계지침서에는 설계용량 3,785 m³/day 이하인 경우 124m³/day/m, 그 이상인 경우 186m³/day/m의 부하율을 초과해서는 안된다는 규정¹¹⁾과 미국내 정수장에 설치되어 있는 전형적인 횡방향 침전지의 월류부하율이 140~270m³/day/m¹²⁾이라는 것을 감안하면 A정수장 등 몇몇 정수장 유출웨어의 월류부하율은 국내 타정수장 및 외국의 정수장보다 큰 월류 부하율을 나타내고 있는 실정이다.

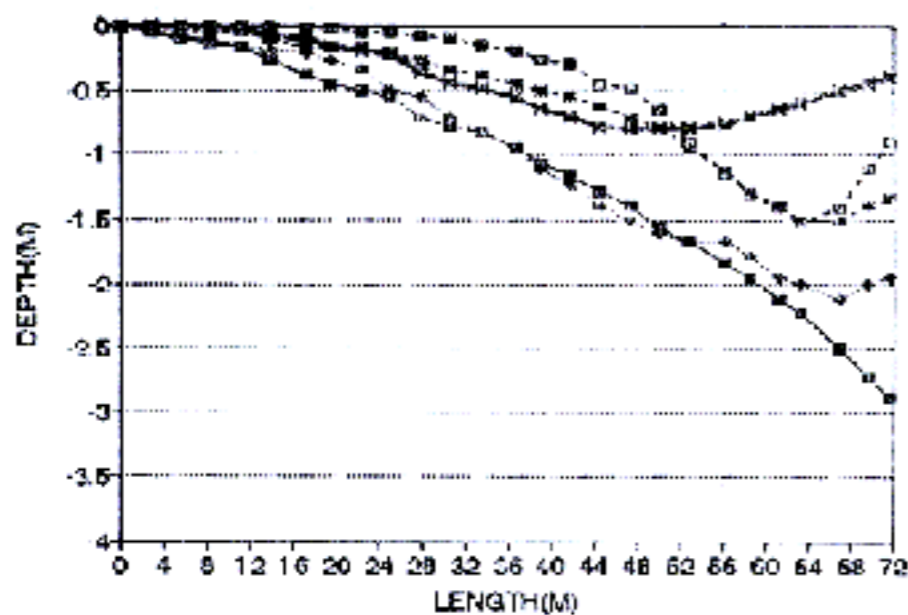
3. 實驗裝置 製作 및 設置

정수처리 능력향상을 위한 모형실험을 실시할 대상정수장으로는 250,000m³/day의 정수 공급능력을 지니고 있고 수요의 급증으로 인하여 조만간 시설확장이 필요한 A정수장을 선정하였다. 이 정수장은 착수정 2지, 약품혼화지 4지, 응집지 및 침전지 각 8지, 여과지 24지로 구성되어 있다. 모형실험을 위한 장치의 구성은 기존 공정과 개선 공정에서의 효율을 비교하기 위하여 2조로 제작하여 각각 24m³/day의 유량을 처리하도록 하였다. 각 처리공정의 소요용적 산출은 기본적으로 원형 및 모형의 각 단위공정별 처리유량비를 동일하게 하여 수리학적 상사법칙에 의한 상사율을 적용 하였으며, 일부 공정에 있어서는 왜곡모델로 설치하였다. 이를 정리하면 첫째, 정수장내 유체흐름을 감안할 때 중력 및 마찰력이 중요한지가 되므로 이들 인자들을 고려하여 Froude 및 Reynolds 상사법칙을 적용하

였다. 이때, 원형과 모형에서 동일한 원수를 사용함으로 두 상사법칙을 동시에 만족 시킬 수 없기 때문에 Froude 상사법칙에 사용되는 유속을 Manning의 마찰공식으로 결정하여 적용하도록 하여 만족케 하였다. 둘째로, 원형과 모형의 각 단위 공정별 처리유량비를 동일하게 하고 이를 수리학적 축척에 적용하여 길이의 비 L_r 을 16.276으로 결정하였다. 셋째로, 원수공급조는 $L_r=16.276$ 을 그대로 적용하여 크기를 결정하였고, 혼화지 및 응집지는 체류시간을 원형과 동일한 1.8분과 26.5분으로 결정하였고 이에 따른 폭, 길이, 길이의 크기는 기하학적 상사가 되게 하였다. 넷째로, 침전지는 수리학적 상사율인 $L_r=16.276$ 을 적용하여 침전지내 체류시간을 결정한 후 현장 침전지에서의 flocc 침강실험결과를 적용하여 깊이를 조정하였으며, 여과지는 단위면적당 처리유량비가 동일하게 결정하였다.

또한, 침전지내 유출웨어는 한쪽 모형에서는 원형정수장과 동일하게 412m³/day/m의 월류부하율을 가진 횡방향 유출웨어를 침전지 날단에 원형과 동일하게 5단으로 제작설치하였으며, 유출웨어의 형태 및 부하율 개선에 따른 침전효율을 비교검토하기 위하여 기존 정수공급 용량에 대하여 250m³/day/m 및 200³/day/m의 월류부하율을 가진 복합 finger형 유출웨어를 다른쪽 모형실험 장치내 설치하였다. 이때 설치된 복합 finger형 유출웨어는 finger형 유출웨어 초입에서의 월류부하율을 줄이고 기존 설치되어 있는 유출웨어를 최대한 활용하기 위하여 횡방향으로 설치되어 있는 5단의 횡방향 웨어중 flocc의 월류가 가장 심한 최말단부 1단을 제외한 나머지 부분을 이용하도록 하였으며 유출웨어내 거개 V-notch의 각도는 원형에서 사용된 90°를 이용하였다.

또한, 모형과 원형간의 상사성을 검증하기 위해 여러실험을 수행하였는데, 첫째로, 혼화, 응집공정의 검증에 위하여 모형내 혼회기 및 응집기를 원형과 동일한 운전조건으로 가동한후 원형 정수장내 응집지 3단에서 채취된 시료와 모형응집지 3단에서 채취된 시료의 침강속도를 비교하였다. 둘째로, 침전지내에서의 침전효율을 검증하기 위해서 탁도의 침전제거 효율을 이용



PILOT No.1 90% PILOT No.2 90% PILOT No.1 65%
PROTO 62.9.1575 PROTO 61.11.1390

그림 1. 원형과 모형 침전지내 탁도 제거효율의 검증 하였으며, 이를 위하여 원형과 모형에서 길이방향으로 6지점, 수심방향으로 7지점, 폭방향으로 3지점을 선택하여, 즉 126지점의 탁도를 측정하여 모형을 검증하였다. 이때 원형 및 모형간 flocc 형성을 위한 약품투입량, 혼화, 응집공정의 체류 시간, 교반강도 등의 조건이 동일하게 유지되었다. 원형 침전지에서의 탁도의 측정은 가을 빛겨울 2회의 걸쳐 실시하였는바 침전지내 침전제거 효율곡선의 변화가 원형과 모형간 상사성을 이루고 있으며 침전지 유출웨어에서의 탁도변화도 원형과 모형간에 동일하게 나타나고 있다. 그림 1은 원형과 모형간의 검증결과를 보여주고 있다.

4. 既存 jar 實驗結果를 이용한 對象淨水場의 支配 凝集 Mechanism 分析

대상 정수장에서 1989보다 1991까지 3년간 수행되었던 250여개 jar 실험 결과의 pH-Alum-알카리도-탁도 다이어그램을 작성하여 분석한 결과 유입원수의 탁도의 범위는 그림 2에서 보는 바와 같이 2~26NTU(평균 4NTU), 알카리도는 22~35mg/l(통상 26~30mg/l), pH는 6.6~7.8(통상 7.0~7.4)로서 년중 안정된 수질의 원수이었으며, 동일탁도에서도 pH범위가 6.8이하, 6.8~7.4, 7.4이상에 따라 약품량이 25ppm, 30~45ppm, 20~25ppm 등으로 나타나고 있었다. 특히 탁도가 20NTU인 경우 투입약품량은 20ppm인 반면, 동일 pH치에서 탁도가 5NTU인 경우 40ppm에서 45ppm의 약품이 투입되었다. 대상정수장에서 응집제로 투입하는 alum량($Al_2(SO_4)_3 \cdot 51 H_2O$)은 통상 25ppm에서 30ppm이고 처리수 pH는 평균 6.8부근이며 Amirtharajah가 제안한 응집다이어그램¹⁾상의 alum 농도($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14.3H_2O$)로 환산하면 약 50ppm에서 60ppm이므로 다이어그램상에서 sweep 응집구역에 속한다. 원수의 zeta전위(zeta meter system 3.01)를 측정한 결과 그 범위는 -15mV에서 -20mV이었으며 그림 3에서 보는바와 같이 등

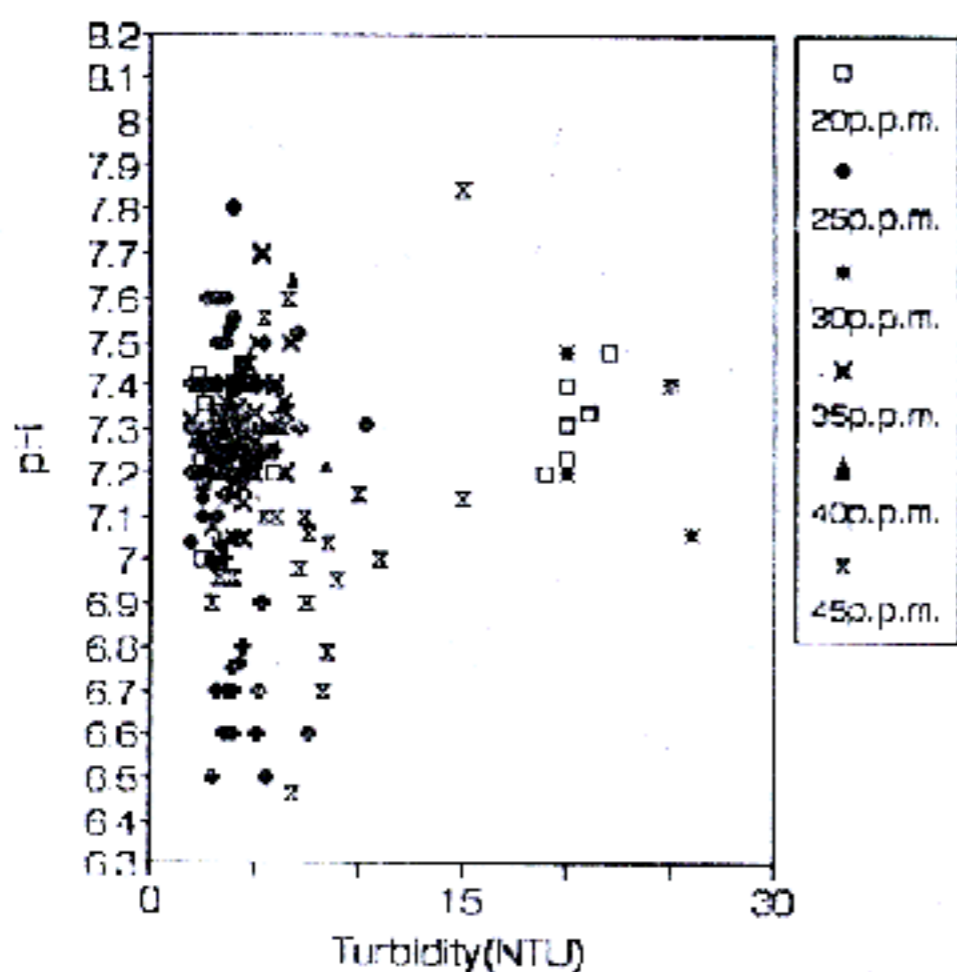


그림 2. 탁도-pH-약품량 관계(기존 jar 실험결과)

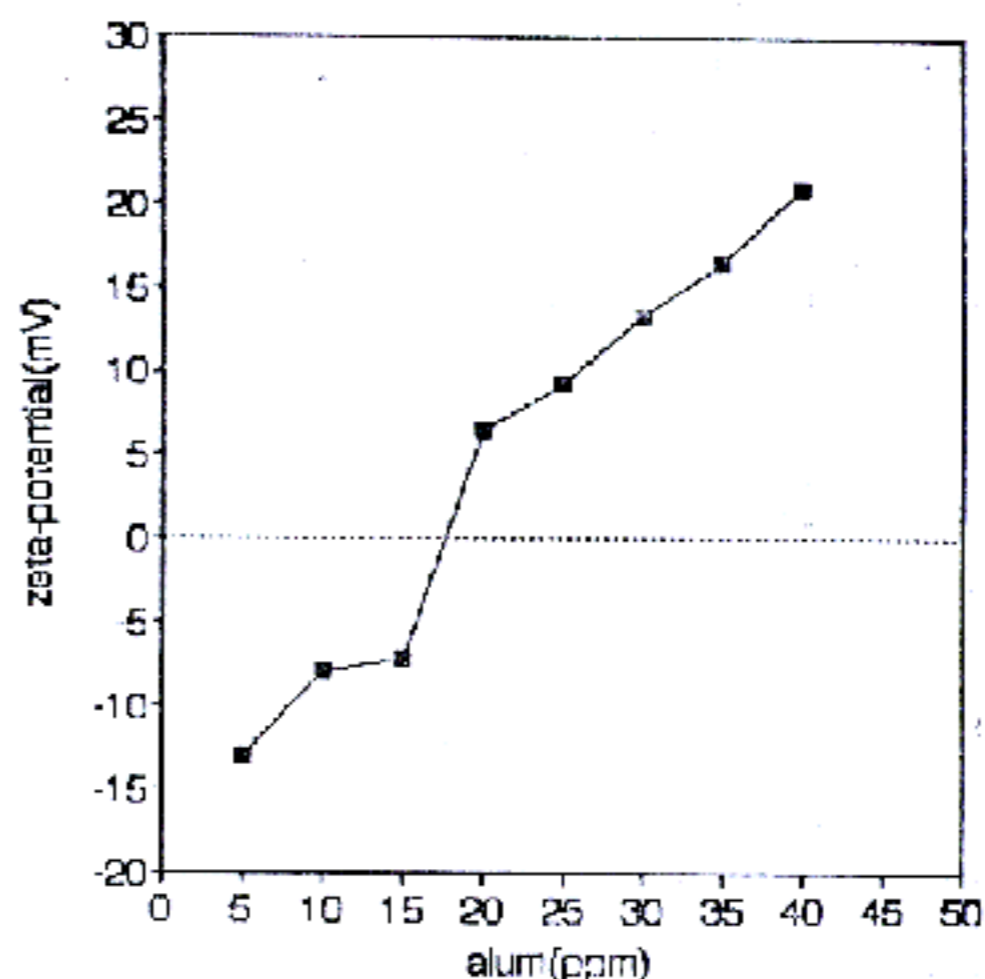


그림 3. Alum 투입량과 제타전위의 관계

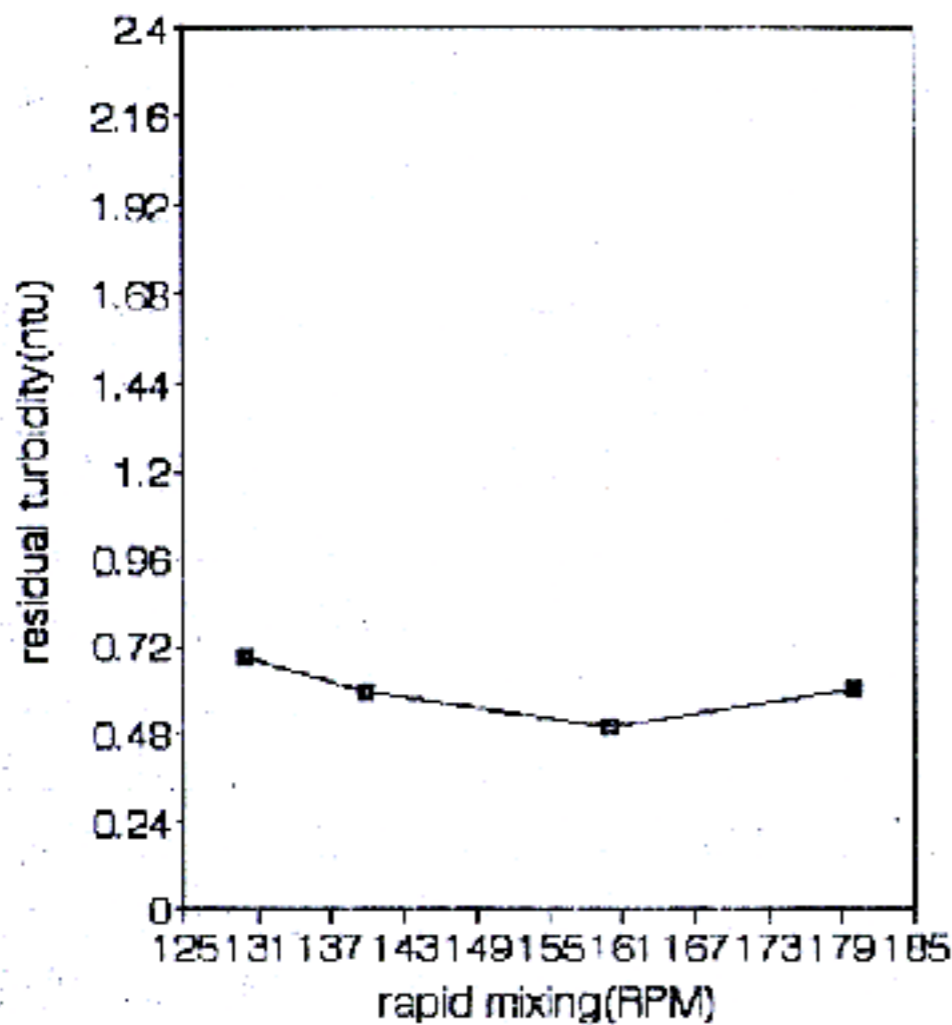


그림 4. 혼합 교반강도에 따른 잔류탁도

전위일때의 사용 alum량은 17ppm 정도이었다. 따라서, 대상정수장의 주요 응집 mechanism은 가수분해한 alum 수화물들의 흡착이나 중화라기 보다는 Al(OH)₃ 침전물에 의한 포획침전이 주요 응집메카니즘이라고 생각된다. Amirtharajah 등의 연구보고¹¹⁾에 의하면 sweep 응집조건에서의에서의 급속혼화 GT는 응집효율에 매우 적은 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다. 실제적으로 유입원수를 이용한 jar 실험결과 그림 4와 그림 5에서 보는바와 같이 혼합기의 교반강도에 의한 영향은 응집기의 교반강도에 의한 영향보다 상당히 적은 것으로 측정되었다. 따라서 본 연구에서는 혼합교반강도는 기존 정수장 자료를 그대로 사용하고 응집교반강도의 개선을 위하여 가변속 응집기를 설치하여 유입량 및 유입원수 탁도변화에 따른 실험을 실시하였다.

5. 凝集攪拌強度에 따른 沈澱除去 效率 實驗

응집기의 교반강도와 응집지내 체류시간 및 alum량이 응집효율에 미치는 영향을 파악하기 위해 荒谷敏朗¹⁷⁾, 丹保憲仁¹⁸⁾ 등이 수행했던 실험단계대로 응집제별 응집 교반강도와 체류시간에 따른 잔류탁도를 jar 실험을 통하여 측정하였

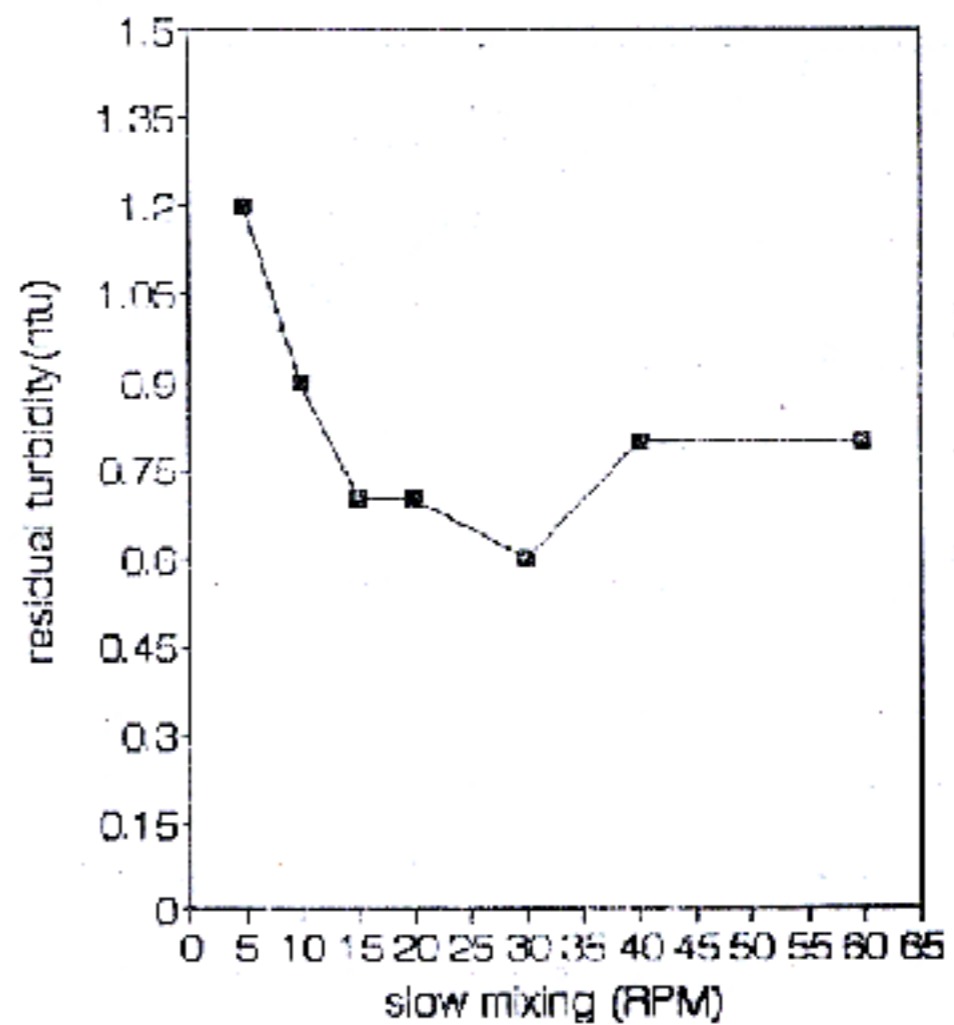


그림 5. 응집 교반강도에 따른 잔류탁도

다. 실험결과 체류시간이 현상 응집지의 설계체류시간인 26.5분이고, 25ppm의 alum이 투입될 때의 jar에서 적정응집 교반강도는 18/sec이며, 같은 조건에서 20ppm의 alum이 투입될 때 적정 응집 교반강도는 21/sec가 되어 원형 정수장의 응집교반강도와는 상당한 차이를 나타냈다. 그러나, 모형실험장치에서는 원형 정수장내 응집기 교반강도인 50/sec에서 원형 정수장과 거의 동일한 탁질 제거효율을 나타내었으며 이때의 잔류탁도는 jar 실험에서의 적정교반강도로 운영한 결과와 같았다. 이는 jar 실험장치가 회분식 실험장치인 반면, 모형 실험 장치는 원형의 거동이 잘 반영된 연속식 실험장치임을 고려할때, 적정 응집 교반강도 결정을 위한 실험은 연속식 모형실험장치로 수행하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 모형실험장치를 이용한 설계유량에서의 적정 응집교반강도 실험결과는 그림 6과 같으며, 처리유량 및 응집교반강도 변화에 따른 상대탁도 제거효율은 그림 7과 같다.

그림 6에서 나타낸바와 같이 원형정수장내 정수공급량 250,000m³/day의 설계유량인 1m³/hr 처리용량을 가진 모형에서 응집기의 교반강도에 의한 상대 탁도제거효율이 다르게 나타나고 있으며, 대상정수장 유입원수의 평균 탁도인 3.0~4.0NTU의 경우 응집교반강도 G가 65/sec 정도

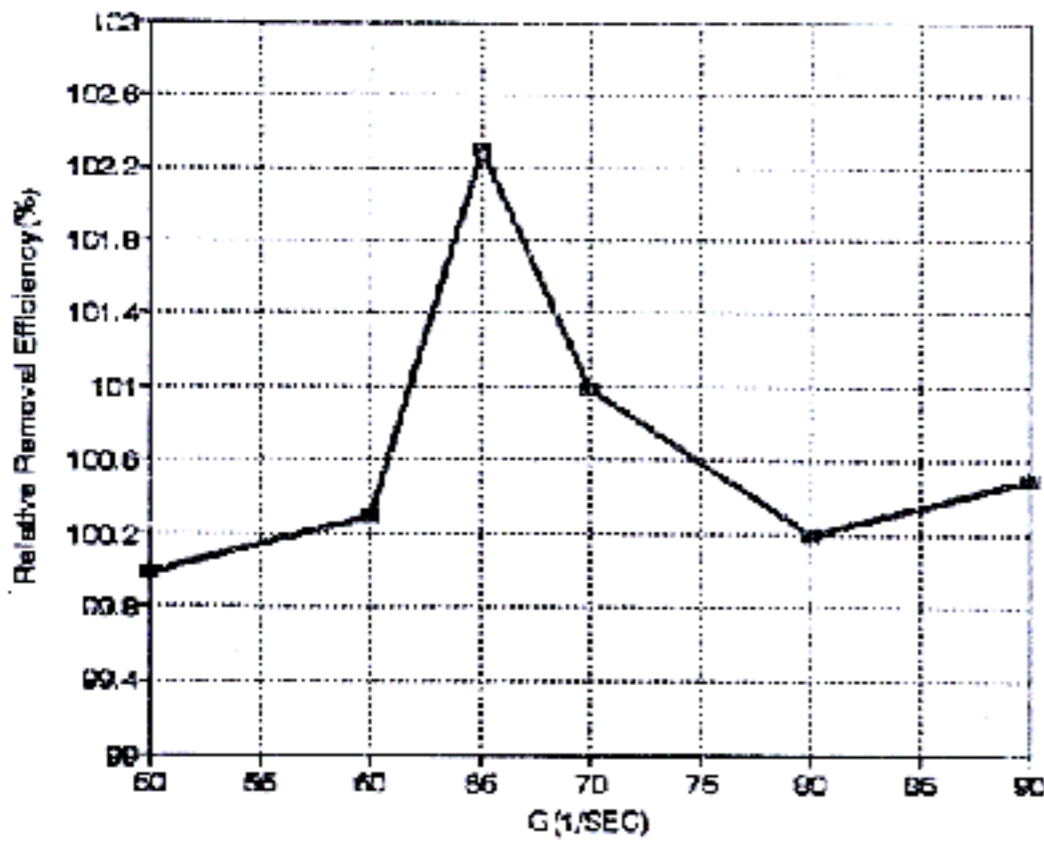


그림 6. 탁도 제거효율(Q=1m³/hr, T=26.5분)

에 이룰때 제거효율이 가장 향상되는 것으로 나타났다. 또한 그림 7에서 보는바와 같이 현재 원형정수장내 응집교반강도 G가 50/sec일때 실험유량 1.0m³/hr를 기준으로 유량증가와 응집교반강도 G값 변화와의 관계를 살펴볼때 응집교반강도가 적정하게 운영될때에는 유량이 1.2 m³/hr까지는 원형정수장 운영조건을 가진 경우의 처리효율보다 향상되며, 유량이 1.3m³/hr로 증가될때에는 처리효율이 지하되나 이씨의 유량에서도 적정 응집교반강도인 G=85/sec로 운영할 때에는 원형정수장의 실제 운전조건에서와 거의 동일한 처리효율을 보이는 것으로 나타났다.

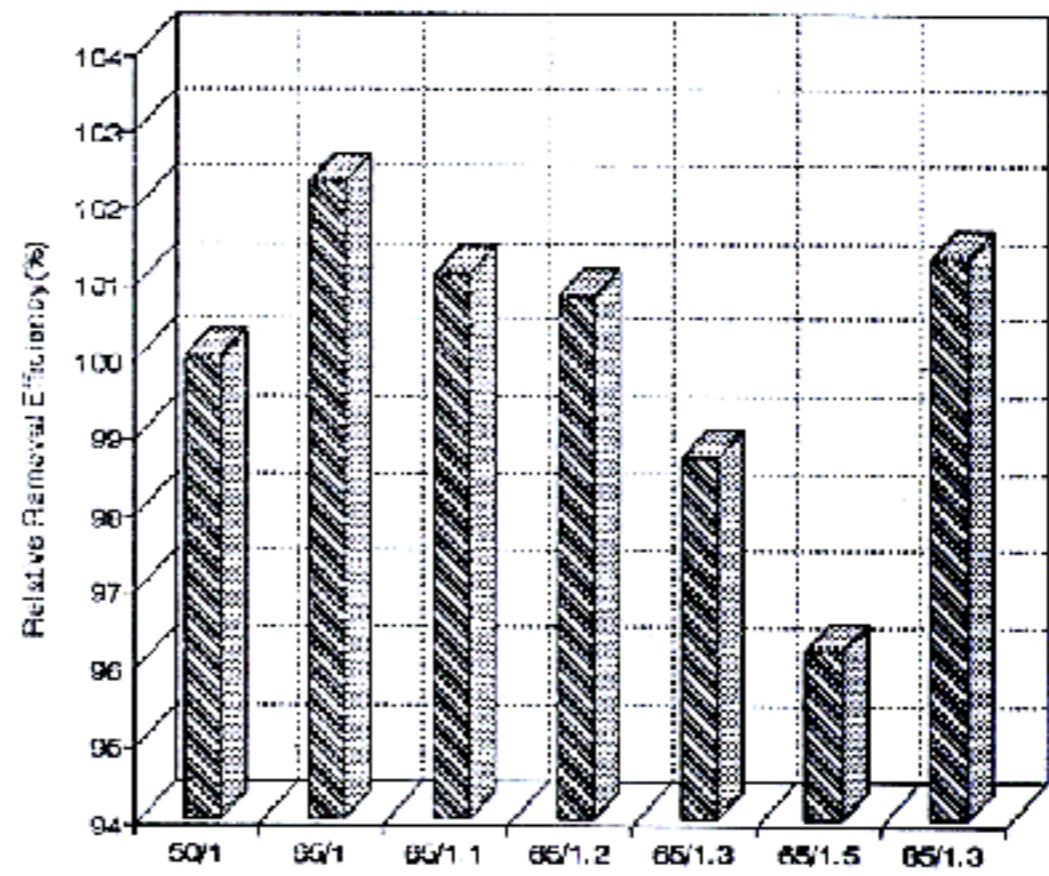


그림 7. 처리유량변 상대탁도 제거효율

6. 凝集攪拌強度 및 沈澱池 越流 負荷率에 따른 沈澱除去 效率 實驗

5장에서 실험을 통하여 결정된 응집교반강도를 사용하고 침전지 유출웨어 형식변경과 부하율 개선을 통한 침전제거효율 실험을 실시하였는바, 이때 유입되는 원수의 특성과 응집제 사용량은 표 2에 나타내었다. 표 2에 나타난바와 같이 실험에 사용된 원수의 일카리도, pH, 온도의 변화는 크지 않았으며, jar실험에 의하여 결정된 alum의 사용량도 거의 일정하였다. 그러나 유입된 원수의 탁도는 하절기의 평균탁도뿐

표 2. 응집교반강도 및 침전지 원류부하율 실험에 사용된 원수의 특성

실험일시	alkalinity (mg/l)	pH	turbidity (NTU)	temperature (°C)	alum 사용량 (PPM)
1992. 12. 10	27.5	7.3	1.5	11.0	25
1992. 11. 25	29.0	7.36	1.8	15.0	25
1992. 12. 30	32.1	7.2	1.4	8.0	25
1993. 2. 12	32.0	7.4	1.8	5.0	25
1993. 2. 17	37.2	7.6	1.9	5.0	25
1993. 1. 19	37.2	7.21	1.2	5.0	25
1993. 2. 16	32.5	7.6	1.7	5.0	25
1993. 1. 13	32.0	7.2	1.4	6.5	25

표 8. 응집교반강도 및 침전지 부하율에 따른 침전제거효율

실험일자	원 형 조 건				개 선 방 안					효율비교
	유 량 (m ³ /hr)	교반 강도 (1/s)	여과 탁도 (NTU)	여과 시간 H : M	유 량 (m ³ /hr)	교반 강도 (1/s)	웨 어 부하율 (m ³ /day)	여과 탁도 (NTU)	여과 시간 H : M	
1992. 12. 10	1.3	85	0.2	4 : 00	1.3	85	325	0.2	4 : 30	113%
1992. 11. 25	1.3	85	0.2	3 : 47	1.3	85	260	0.2	4 : 22	115%
1992. 12. 30	1.0	50	0.2	7 : 35	1.3	85	260	0.2	7 : 00	120%
1993. 2. 12	1.0	50	0.2	5 : 10	1.0	65	200	0.2	6 : 20	122%
1993. 2. 17	1.0	30	0.2	4 : 47	1.0	65	200	0.2	6 : 28	135%
1993. 1. 19	1.0	65	0.2	6 : 48	1.0	65	200	0.2	8 : 20	123%
1993. 2. 16	1.0	65	0.2	4 : 40	1.0	65	200	0.2	5 : 50	125%
1993. 1. 13	1.0	50	0.2	7 : 25	1.0	65	200	0.2	9 : 10	124%

만 아니라 동결기 저탁도에서의 영향도 고려하여 실험을 실시하였는바, 최종적으로 사용된 탁도의 변화는 작계는 1.2NTU에서 크게는 1.9NTU까지의 원수를 사용하였다. 실험유량으로는 5장 실험결과를 활용하여 1m³/hr와 1.3m³/hr를 사용하였다. 이때 혼화지의 G값은 347/sec로 일정하게 사용하였으며 응집지 2단의 G값으로 원형정수장 조건의 G값인 50/sec를 사용하여 원형조건의 모형실험을 실시하였고 개선방안에서는 1m³/hr의 적정 G값으로 65/sec를 사용하였고 1.3m³/hr의 적정 G값으로 85/sec를 사용하였으며 응집지 1단에서는 응집지 2단의 30%를 증가시켰으며 응집지 3단에서는 30%를 감소시킨 G값을 적용하여 실험을 실시하였다.

원형조건에서의 침전제거효율과 응집교반강도 및 침전지 부하율 개선조건에서의 침전제거효율 결과는 표 3에 나타내었다. 표에 나타낸바와 같이 적정 응집교반강도를 적용하여 침전지 유출웨어 부하율이 325m³/day/m일때는 13%정도 침전제거효율이 향상되며, 침전지 유출웨어 부하율이 260m³/day/m로 감소할때에는 침전제거효율이 조금 더 향상되고 침전지 유출웨어 부하율이 200m³/day/m에 이를때에는 기존 원형 정수장 운전조건에 의한 침전제거효율보다 20%정도 향상되는 것으로 나타났다.

또한, 그림 8은 응집교반강도 및 침전지 유출웨어 월류부하율을 개선하여 실시한 침전실험결

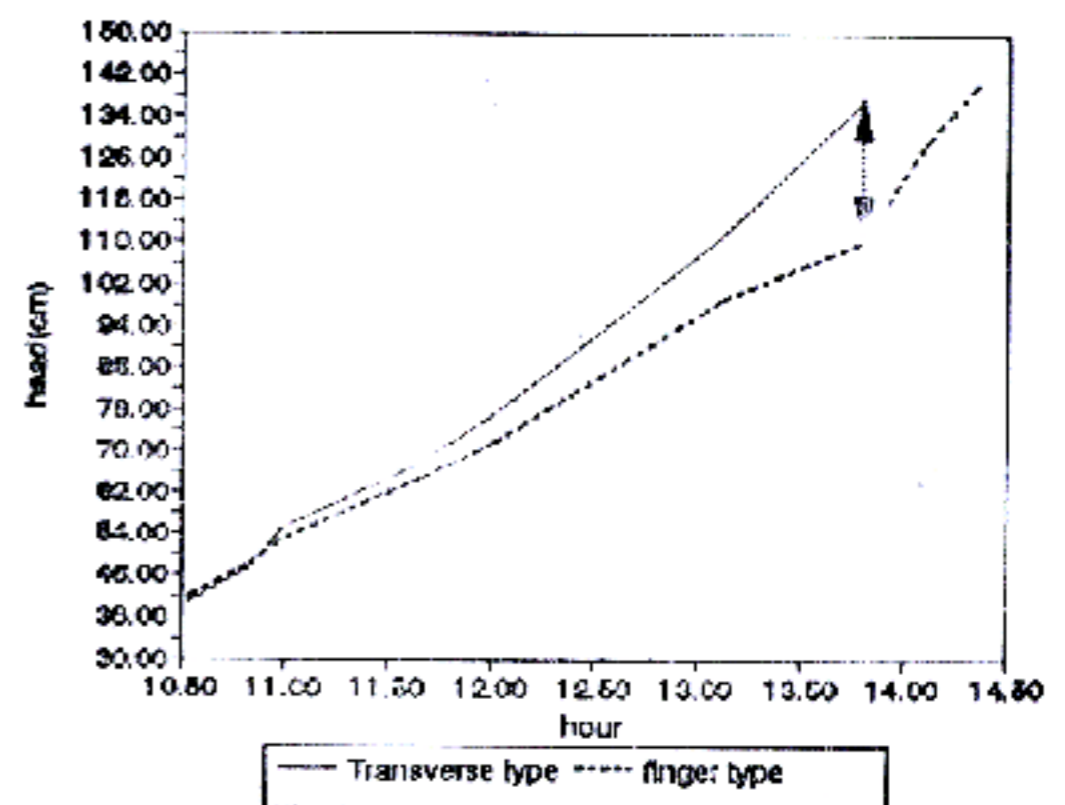


그림 8. 원형 및 개선조건에 의한 여과지 상단의 수위변화

과가 여과지에 미치는 영향을 검토하기 위한 것으로, 그림에서는 개선, 전후의 유출수를 여과지로 통과시킬때 여층상부의 수위증가의 시간적 변화를 나타내고 있는데 밑에 나타낸 transverse는 원형정수장 조건에서 수위변화를, finger는 개선된 조건에서의 여과지 상단의 수위변화를 나타내고 있다. 즉 원형 정수장 조건에서는 10시 00분에 여과를 시작하여 13시 47분에 여과지가 폐색되어 overflow되기까지 3시간 47분 동안이 소요되었으며 개선된 정수장 조건에서는 10시 00분에 여과를 시작하여 14시 22분에 여과지가 폐색되어 overflow되기까지 4시간 22분 동안이 소요되어 결국 응집교반강도 및 침전지 유출웨어

원류부하율을 개선하였을때 여과지 폐색까지 20%정도 더 사용된 것으로 나타나 침전지 유출웨어에서 나타난 잔류탁도 개선효과가 그대로 여과지 폐색에 반영되는 것으로 나타났다.

7. 結 論

本論文에서는 국내에 기존 설치되어 운영되고 있는 정수장중에서 향후 확장계획이 수립되어 있는 정수장을 대상 정수장으로 선정하고 이를 모형으로한 실험장치를 설치하여 실험을 실시하고 정수처리능력 향상에 관하여 연구하였다. 구체적인 개선방향으로는 개선을 위한 정비소요가 미미하고 개선효과가 비교적 큰 응집기 교반강도 및 침전지 원류부하율을 선정하여 실험을 실시하고 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째로는, 응집지의 체류시간이 26.5분이고 액체 alum이 20ppm에서 25ppm 투입되는 대상 정수장 유입원수 조건에서 응집 교반강도 G가 65/sec의 주변에서 탁도의 제거효율이 가장 좋았다.

둘째로는, 기존 정수 처리 능력의 향상을 감안하여 응집지의 체류시간이 20.3분으로 축소될 경우에는 액체 alum이 20ppm에서 25ppm 투입되는 대상 정수장 유입원수조건에서 응집교반 강도 G가 85/sec의 주변에서 탁도의 제거효율이 가장 좋았다.

셋째로, 대상정수장의 침전지 유출웨어의 원류부하율 412m³/day/m를 260m³/day/m 및 200m³/day/m로 조정할때 침전제거 효율이 향상된다.

넷째로, 대상 정수장에서 체류시간에 대응하는 적정 응집 교반강도를 적용하고 기존 설치된 횡방향 유출웨어를 복합 finger형 유출웨어로 전환하고 원류부하율을 412m³/day/m에서 200m³/day/m로 조정할때 약 20%의 정수처리 능력 향상이 이루어진다.

다섯째로, 기존 정수장 응집 교반강도 및 침전지 유출웨어 부하율 개선을 통한 침전지내에서의 침전제거 효율개선 결과는 그대로 여과지에 영향을 미쳐 20% 정도의 여과지의 유효이용

율 향상 또는 역세척 주기의 증가가 일어난다.

參 考 文 獻

1. Amirtharajah, A., 1982, "Rapid-mix Design for Mechanism of Alum Coagulation", Journal AWWA, pp.210-216.
2. AWWA, 1990, "Water Quality and Treatment", Mc Graw-Hill, Inc.
3. Brodeur, T.P., 1981, "Upgrading to Increase Treatment Capacity", Journal AWWA, pp. 464-471.
4. Camp, T.R., 1943, "Velocity Gradients and Internal Work in Fluid Motion", Journal BSCE, pp. 219-237.
5. Degremont, 1979, "Water Treatment Handbook."
6. Graber, S.D., 1974, "Outlet Weir Loadings for Settling Tanks", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 46, No. 10, pp. 2355-2362.
7. Hudson, H.E. Jr., 1981, "Water Clarification Processes Practical Design and Evaluation", Van Nostrand Reinhold Company.
8. Hudson, H.E. Jr., 1972, "Density Considerations in Sedimentation", Journal AWWA, pp. 382-385.
9. Ingersoll, A.C. et al., 1955, "Fundamental Concepts of Rectangular Settling Tanks", Transaction.
10. Kawamura, S., 1981, "Hydraulic Scale-Model Simulation of the Sedimentation Process", Journal AWWA, pp. 372-379.
11. King, R.W., Crossley, E.I., 1981, "Upgrading Water Treatment Plants in San Diego", Journal AWWA, pp. 476-477.
12. Montgomery, J.M., 1985, "Water Treatment Principles and Design", A Wiley-Interscience Publication, John Willy & Sons.
13. 건설부, 1985, "상수도 시설기준".
14. 김홍석, 1990, "矩形沈澱池의 整流壁과 越

- 流裝置의 形態와 位置에 관한 연구”, 박사 학위 논문, 한양대학교 대학원.
15. 신성희, 김재곤, 1991, “수처리 공학”, 이론과 응용, 동화기술.
 16. 양상현, 1990, “상·하수도 공학”, 동화기술.
 17. 荒谷敏朗, 1989, “凝集攪拌槽에 있어서最適緩速攪拌強度와藥注比”, Journal JWWA. pp. 2-9(in Japanese).
 18. 丹保憲仁, 1990, “플록큐레이터設計指標인 G 値와 GC₀T 値”, pp. 11-18(in Japanese).