

정수장에서 배출수 공정 자동화를 위한 초음파 다중빔 슬러지 농도계 개발

장상복^{1*} · 홍성택² · 전명근³

Development of Ultrasonic Multi-Beam Sludge Meter For Effluent Facilities Automation

Sang-bok Jang^{1*} · Sung-taek Hong² · Myung-geun Chun¹

^{1*}Department of Control Robot Engineering, Chungbuk University, Cheongju Chungbuk 361-763, Korea

²K-water Institute, K-water, Daejeon 305-730, Korea

³Department of Control Robot Engineering, Chungbuk University, Cheongju Chungbuk 361-763, Korea

요 약

정수장, 하수처리장, 폐수처리장의 배출수 처리공정에서 고 농도의 슬러지 선별, 이송 및 약품 투입량 조절을 위한 기준으로 슬러지 농도계가 사용되고 있다. 본 논문은 슬러지 농도계의 정도 향상과 문제점 개선을 통해 배출수 처리 공정의 운영 효율화와 자동화 기반을 마련하고자 한다. 센서를 다중빔으로 설계 및 최소편차 선형평균 필터링을 적용하여 농도계의 정도 향상과 안정성을 실현하였으며, 부단수 방식의 센서 착탈 설계로 배출수 시설 운영중에도 유지관리가 가능토록 하였다. 이렇게 구현된 다중빔 방식 슬러지 농도계의 성능을 Pilot Plant를 통하여 다양하게 검증 하였다.

ABSTRACT

A concentration meter is widely used at purification plants, sewage treatment plants and waste water treatment plants to sort and transfer high concentration sludge and to control the amount of chemical input. This study has been prepared for improving efficiency of operation on sludge processes and to establish a basic for factory automation by accuracy improvement and problem solution of sludge concentration meter. The concentration meter's accuracy and stability is improved by applying multi-beam sensors and minimum deviation linear average filtering. Furthermore maintenance without cut-off of water in sludge operation is possible by detachable sensors. The performance of multi-beam concentration meter has been variously verified by the pilot plant experiment.

키워드 : 정수장, 하수처리장, 폐수처리장, 배출수 처리시설 자동화, 초음파 슬러지 농도계

Key word : Purification plants, Waste water treatment plants, Effluent facility automation, Ultrasonic concentration meter

접수일자 : 2014. 06. 11 심사완료일자 : 2014. 08. 18 게재확정일자 : 2014. 09. 01

* **Corresponding Author** Sang-bok Jang(E-mail: jsbok0502@kwater.or.kr, Tel:+82-10-9818-1502)

Department of Control Robot Engineering, Chungbuk University, Cheongju Chungbuk 361-763, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.9.2313>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

정수장, 하수처리장, 폐수처리장의 배출 슬러지 처리공정에 고농도의 슬러지 선별 및 슬러지내 포함된 수분제거를 위하여 다양한 탈수설비(벨트 프레스, 필터 프레스, 원심 분리기등)를 운영하고 있다[1,2].

배출수 처리 공정의 제어를 위하여 배관내 흐르는 슬러지 농도값을 측정하여 약품투입량(Polymer등) 조절을 위한 중요한 인자로서 농도계가 사용되고 있으며, 설치 및 구조가 간편하고 가격이 저렴한 초음파 농도계가 가장 많이 보급되어 사용되고 있다[3]

고농도의 슬러지 인발 및 탈수과정의 적절한 약품투입, 탈수기 연동운전 등을 통한 운영 원가절감은 물론 배출슬러지의 감소 등 환경보존에 이바지 할 수 있는 효율적인 슬러지 자동배출시스템 구축에 농도값은 자동화 공정의 중요한 인자로 활용되어 진다. 그러나 기존의 농도계는 지속적인 유지관리와 정도관리가 필요한 구조로 되어있어 시간이 지날수록 정도가 떨어져 결국 공정제어용이 아닌 감시용으로 활용되고 있는 실정으로 슬러지 자동 배출시스템에 적합한 초음파 농도계 개발이 필요하다[4,5].

현재 국내 농도계는 대부분 외국산 수입제품에 의존하고 있으며, 제품이 고가이고, 단종이나 고장 등에 따른 신속한 유지관리가 어렵다.

보급률이 높은 초음파농도계의 경우 1조의 초음파 송수신 센서를 탑재하여 농도를 측정하는 싱글빔 방식으로서 슬러지에 함유된 이물질(Gas, Air층)이 혼입될 경우 감쇄량이 증가하거나 초음파가 수신부에 전달되지 않는 경우가 발생한다. 그 결과로 실제 농도값보다 낮은 값을 출력하거나 현탕현상의 원인이 되고 있다.

슬러지가 정체된 상태에서 최초 슬러지 공급펌프가 가동될 경우 일정시간 동안 슬러지 형상이 안정화되지 않아 측정값이 불안정한 경우가 발생하기도 하고, 관내에 센서를 삽입하여 측정하는 유통형 농도측정방식으로 인해 운영시 센서 표면의 슬러지침착에 따른 센서 감도와 오차발생의 원인이 되고 있다[6,7]

농도계의 유지관리를 위해 먼저 슬러지 처리공정을 정지하여야 하며, 농도계를 탈착하기 위해 농도계의 Flange를 풀 경우 그림1와 같이 배관 내 잔류 슬러지가 유출되게 된다. 또한 별도로 설치된 청수 배관에서 청

수로 슬러지 농도계 배관 내부를 깨끗하게 청소하여야 하며, 탈착시 전문공구 준비와 Bypass배관에 설치된 밸브 작동을 하여야 한다.



그림 1. 공구를 이용한 센서 탈착 및 배관내 슬러지 유출
Fig. 1 Removal sensors using tools and discharging of sludge from the pipeline



그림 2. 드레인배관 막힘현상과 교정을 위한 청수라인
Fig. 2 Stopped drain pipeline and clear water pipeline for correction

초음파 농도계의 교정 작업시는 상기 배관의 청소를 완료한 후 농도계 배관라인에 교정시약(청수)을 투입하여 0점 교정(보정)작업을 하여야 하는 등 많은 인력과 10시간 이상의 작업 소요시간 및 열악한 작업환경으로 교정 작업이 거의 어려운 실정이며, 그림2에서와 같이 교정 작업을 위해 검출부에 드레인 밸브와 청수 유입 배관이 설치되었으나 드레인 밸브의 슬러지 막힘 현상 및 청수에 슬러지 함유로 교정의 정확도가 떨어진다.

또한 센서 교체나 교정 작업을 위해 별도의 바이패스 배관을 설치하는 등의 경제적 부담이 발생되고 있으며 배관내부에 슬러지가 체류하게 된다.

배출된 슬러지는 매립, 해양투기, 소각 등의 방식으로 처리되어 환경오염의 요인이 되고 있으며 국제적으로 슬러지 해양투기방지법이 규정됨에 따라 배출슬러지에 대한 절감방안이 시급한 실정이다[8].

이에 한국수자원공사에서는 국가 R&D 연구과제로서 “중소기업 구매조건부 신제품 개발” 사업을 (주)리테크와 공동으로 수행하여 배출수 처리시설 운영 중에도 유지관리와 세정 및 교정 작업이 가능하도록 무단수 방식의 농도계 개발과 싱글빔의 단점을 개선한 다중빔 방식을 접목한 초음파 슬러지 농도계를 개발하여 슬러지 농도계의 정도향상과 안정성을 확보하였다.

II. 초음파 농도계의 원리

초음파란 일반적으로 사람이 들을 수 있는 가청 주파수 (20 ~ 20,000Hz) 이상의 음파를 말하며, 전파 속도가 물질의 특성에 따라 다르고, 전파 중에 이물질이나 매질의 경계면을 만나면 반사되는 특징을 가지고 있어 각종 계측 센서나 비파괴검사, 의료 영상 진단 등에 활용된다[9,10].

초음파농도계는 그림 3과 같이 초음파 센서를 배관에 삽입시켜 송신자에서 발사된 초음파가 유체내 슬러지에서 감쇄 되어 수신자에게 전달되며, 초음파 감쇄량의 정도를 연산해서 슬러지 농도를 측정한다. 초음파의 감쇄량은 유체내의 슬러지농도에 따라 비례 증가하며 이를 이용하여 농도값을 산출한다[11,12].

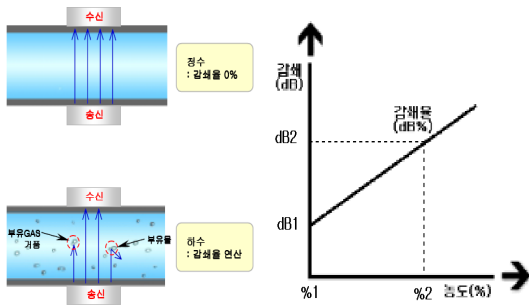


그림 3. 초음파농도계 측정원리
Fig. 3 measurement principal of ultrasonic concentration meter

슬러지 농도계별 측정원리를 표1과 표2에 기술하였으며 표 3에서 보는바와 같이 현재 초음파 슬러지 농도계가 가장 많이 보급되어 있다.

표 1. 농도계 측정원리-1
Table. 1 measurement principle of concentration meter-1

초음파 농도계	가압소포식 초음파농도계
<p>단관에 초음파 센서를 삽입시켜 각각의 송신자에서 발사된 초음파가 유체내 슬러지에서 감쇄 되어 수신자에 전달되며, 초음파 감쇄량의 정도를 연산해서 슬러지 농도를 측정하는 방식</p>	<p>주기적으로 일정량의 슬러지를 SAMPLING 하고, 슬러지 중의 기포를 실린더를 이용하여 가압 제거한 후 초음파식과 같은 방법으로 농도를 체크하는 방식으로 가압소포를 위하여 콤프레셔, 조작패널 및 기계설비가 부속품으로 필요.</p>

표 2. 농도계 측정원리-2
Table. 2 measurement principle of concentration meter-2

마이크로파 농도계	광학식 농도계
<p>배관을 흐르는 피측정물에 마이크로파를 주사시켜 피측정물을 투과한 후의 수신파의 속도변화를 위상지연형식으로 감지하여 농도를 측정하는 방식.</p>	<p>물 또는 액중에서 현탁(분산)되어 있는 물질에 따라 광이 산란되어 투과광이 감소되고 산란광이 증가 하는 것을 이용하여 농도를 측정</p>

표 3. 측정방식별 농도계 설치현황(K-water)
Table. 3 current installation status of concentration meters in K-water

구 분	측정원리	종 류	보급률
광학식	광학식	근적외광 산란방식	5%
초음파	비소포식	초음파 감쇄법	80%
	가압소포식		
마이크로파	반사강도식	반사파 강도감쇠법	15%
	위상차방식	투과파의 위상차	

III. 초음파 다중빔 농도계 설계 및 개발

3.1. 개발 개요

정수장의 분배조 ↔ 저류조 ↔ 탈수기 구간과 하폐수처리장의 슬러지 처리공정(1차 침전조, 농축조, 폭기조, 2차 침전조, 저류조, 탈수기등)의 슬러지농도를 실시간 계측할 수 있도록 부단수식의 센서 탈부착 및 휴대용 교정 장치를 통해 세정 및 교정 작업과 유지관리가 편리하도록 하였다. 다중빔 방식의 설계와 측정값의 필터링을 통해 기포의 영향을 최소화 하였고, 정도개선과 안정적인 출력값을 유지하도록 하였다.

3.2. 농도계 구성도

그림4는 초음파 농도계 구성도로서 농도계는 단관 FLANGE 취부형태로 배관에 장착되어 실시간 슬러지 농도에 대한 감쇄량을 측정하는 검출부와 검출부에서 수신된 감쇄량을 연산과정을 거쳐 외부로 농도값을 디스플레이 장치로 표시 및 전기적신호 또는 통신방식으로 출력하는 변환기로 구성된다.

오염된 센서의 주기적인 공기 세정을 위한 자체내장 콤퓨레셔와 센서 교정을 위한 휴대용 교정 Kit를 설계 개발 하였다.

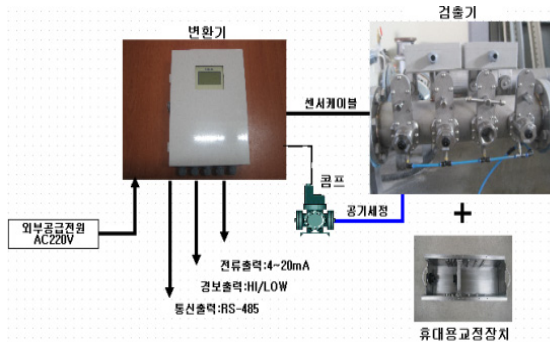


그림 4. 초음파 농도계 구성도
Fig. 4 Structure of ultrasonic concentration

3.3. 변환기 설계 및 기능

변환기 전체 설계 규격은 표4와 같으며, 싱글빔 방식의 단점인 기포나 Gas유입시 실제 농도값 보다 낮게 측정하거나 헛팅 하는 문제를 최소화 하기 위하여 그림5의 농도계 변환부 블록도와 같이 초음파 송·수신 센서를 4조로 구성하여 개별 센서로 부터 입력되는 측정값

들의 상호 편차를 실시간으로 계산하여 가장 편차가 큰 값을 제외하고 나머지 3개의 측정값을 산술평균 함으로서 센서 중에서 교정 불량 또는 고장이나 기포 등으로 인한 측정오차를 제거할 수 있도록 하였다.

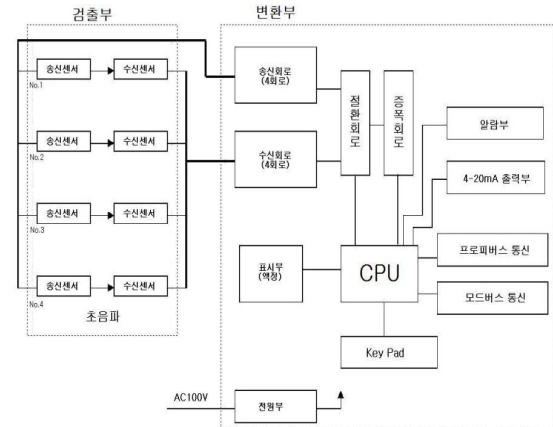


그림 5. 농도계 변환부 블록도
Fig. 5 Block diagram of concentration's convertor

표 4. 변환기 설계 규격

Table. 4 Converter design specifications

항목	설계 규격
초음파 송·수신 회로	각 송·수신회로가 독립적으로 4채널로 구성되어 3MHz 교류신호를 송신하였을 때 수신회로에서 측정된 전압을 이용하여 송신값의 감쇄정도를 연산
표시부	LCD WG1286A 128X64DOT
절환부	중폭1 회로를 통해 송·수신 4회로의 신호를 절환한다. 멀티플렉서 MX399
증폭부	수신신호가 일정레벨이 되도록 발신신호를 증폭, 증폭기 VCA810, GAIN 80dB(±40dB)
CPU	CPU HD64F2357F (Hitachi, 16BIT Micro processor)
메모리	ROM 128Kbyte, RAM 8Kbyte, 외부메모리 (RAM 256Kbyte), 클럭 20MHZ
알람 출력부	DRY CONTACT농도값 HIGH/LOW 설정 및 접점 출력
출력부	4 ~ 20 mA, RS485(MODBUS) 통신

배관내 슬러지 흐름이 없을 경우 슬러지가 침강하였다가 최초 슬러지공급(이송)펌프가 기동하면 일정시간 동안 배관내 슬러지 유체형상이 불균일하여 측정값 오

차가 크게 발생하는 문제가 있었다.

이를 해결하기 위해 그림6에서처럼 슬러지공급펌프의 최초 기동 후 일정시간 경과부터 농도 측정을 시작하는 조건운전기능을 구현하였다.(지연시간 설정: 초단위 최대300s)

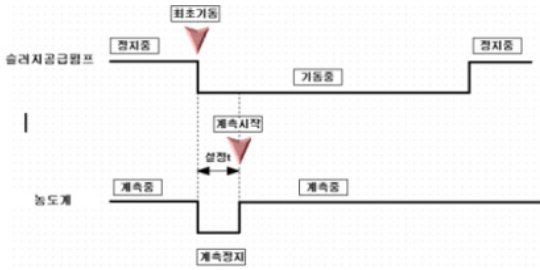


그림 6. 조건운전 Flow Chart
Fig. 6 Flow chart of conditional operation

3.4. 검출기 설계 및 기능

그림 7과 같이 검출기는 SUS로 제작하여 부식을 방지하도록 하였으며, 센서 표면은 초음파 지향성을 고려하여 최대한 곡면으로 처리함으로써 슬러지 침착을 최대한 억제하도록 하였다.

센서 탈착을 편리하게 하기 위하여 초음파센서 케이블을 콘넥터식으로 제작하였으며 휴대용교정장치를 이용한 교정(보정)작업을 고려하여 IP67등급으로 제작하였다. 초음파 송·수신 센서는 채널1, 채널2, 채널3, 채널4의 4SET의 다중빔을 장착할 수 있도록 설계 제작하였다.

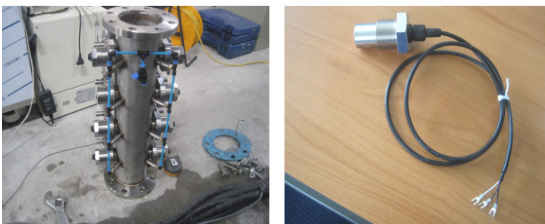


그림 7. 농도계 검출기 설계 및 개발
Fig. 7 Designing and development of concentration's convertor

운영중 센서에 슬러지 침착을 억제하기 위해 그림 8와 같이 콤프레셔를 판넬에 내장하였으며, 세정라인은

유체의 흐름에 방해되지 않도록 센서 하단부에 홀(1.5mm)을 통해 센서 표면으로 공기를 분사하여 주기적으로 자동세정 할 수 있도록 하였다.

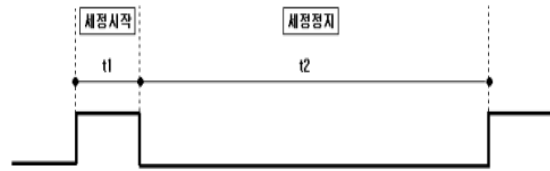


그림 8. 자동세정운전 Flow Chart개발
Fig. 8 Development of auto cleared operation flow chart

그림 9와 같이 부단수 방식의 초음파 슬러지 농도계 설계로 유지 관리시 운영 중에도 센서의 착탈이 가능하도록 하여 기존의 바이패스 배관과 밸브의 설치가 필요 없게 되어 설치비 및 공간이 절약되게 되었다. 또한 센서의 탈착시 전문공구를 사용하지 않고 사람의 손으로 쉽게 탈착할 수 있도록 하였다.

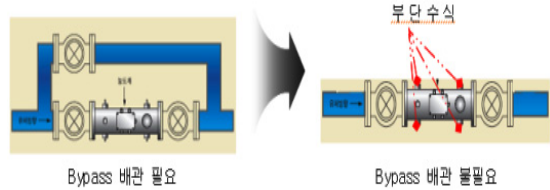


그림 9. 기존 농도계 배관구조와 신규 부단수식 배관구조
Fig. 9 existing concentration pipeline vs new non-cut off pipeline

3.5. 교정 Kit 설계 및 기능

그림 10과 같이 배관 구경별 교정이 가능한 휴대용교정 장치를 개발하여 초음파센서 교정(보정)작업을 2시간 이내 쉽고 신속하게 완료될 수 있도록 하였다.

좌우 대칭으로 초음파센서를 삽입할 수 있도록 하우징을 설치하였으며 가장자리 초음파센서 송신판은 고정되어 있고 휴대용 교정 장치 내부에 초음파센서 수신판 슬롯이 배관구경별로 설치되어 구경 변경이 가능하도록 하였다.

센서 교정(보정)작업은 먼저 초음파 농도계 구경과 똑같이 휴대용 교정 장치의 구경을 초음파센서 수신판을 이동 삽입하여 동일하게 한 후 초음파 농도계에 설

치된 초음파 송·수신 센서를 인출하여 휴대용 교정 장치에 좌우 대칭으로 삽입하고, 0점 교정(보정)은 청수에서 초음파센서 채널별로 측정된 초음파 감쇄값을 입력하면 완료되며 LAB 교정은 LAB 시약을 넣은 후 0점 교정과 같이 채널별로 측정된 초음파 감쇄값을 입력하면 모든 교정 작업이 완료된다.

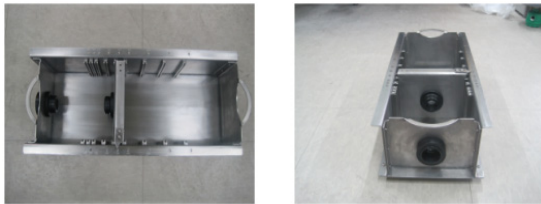


그림 10. 휴대용 교정 Kit
Fig. 10 Portable correction kit

IV. 실험 및 결과 고찰

4.1. 실험개요

설계 및 개발한 초음파 다중빔 슬러지 농도계의 성능을 시험하기 위하여 표 5 및 그림 11과 같이 Pilot 설비를 구성하고 그림 12 및 그림 13과 같이 저류탱크에 표준농도의 기준이 되는 카올린분말과 청수를 혼합하여 표준농도 별 싱글빔 농도계와 초음파 다중빔 농도계가 측정하는 실시간 데이터를 상호 비교 하여 성능을 평가하였다.

표 5. Pilot Plant 주요구성 설비
Table. 5 Major component facilities of pilot plant

구분	규격	비고
저류탱크 및 교반기(SUS)	5m ³ 교반기 0.75KW	시료수 저장 및 침강방지
슬러지공급펌프	2.2KW 인버터 운전	시료수 공급
전자유량계	전자식100A	유속 측정
초음파농도계	4CH 100A	농도측정
압력계, 온도계	0-10kg/cm	온도, 압력 감시
공급라인	SUS 100A	
RTU (데이터 로거)	Cimon	실시간 데이터 저장



그림 11. Pilot Plant 전체 구성도
Fig. 11 Process pilot plant

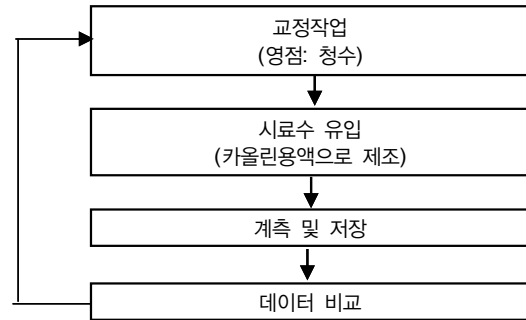


그림 12. Pilot Plant 시험 절차
Fig. 12 Experiment procedure of pilot plant



그림 13. Pilot 시험
Fig. 13 Pilot experiment

4.2. 실험방법 및 결과

카올린용액 1.45%, 1.8%, 1.91%, 3.69%의 시료수를 제조하여 저류탱크에 일정 수위가 되도록 넣은 후 설치된 순환 펌프를 기동하여 시료수가 순환하도록 한다. 배관에 설치된 싱글빔 방식 농도계 데이터와 다중빔 방식 농도계 데이터(4개 센서)의 산술평균값과 오차를 상호 비교하였다.

실험결과 카올린 표준용액 1.45%에 대하여 그림14 에서와 같이 싱글빔 초음파농도계는 0.86%, 다중빔의 경우 0.7%의 오차를 보였다.

그림15는 카올린 표준용액 1.91%에 대해서 싱글빔 초음파 농도계 -0.49%, 다중빔 농도계 -0.3%오차를 보였다.

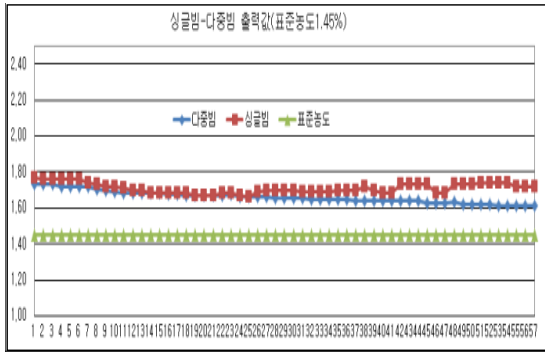


그림 14. 싱글빔과 다중빔 데이터 값(표준농도 1.45%)
Fig. 14 Data between single beam and multi beam (standard concentration 1.45%)

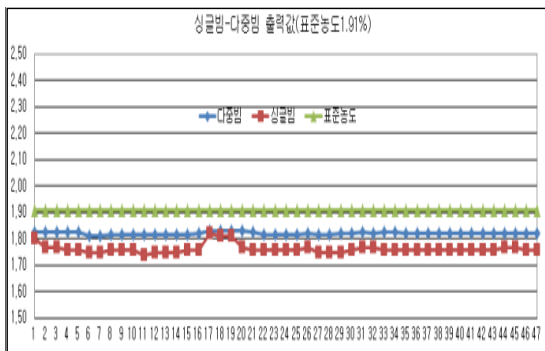


그림 15. 싱글빔과 다중빔 데이터 값(표준농도 1.91%)
Fig. 15 Data between single beam and multi beam (standard concentration 1.91%)

다음으로 초음파 다중빔 농도계의 4개 센서에 대한 측정값의 전체평균방식과 센서의 농도 측정값중 편차가 가장 큰 것을 제외하고 나머지 3개의 센서값에 의한 선별평균(최소편차선형평균) 방법을 상호 비교하였다.

실험결과 그림16과 그림17 에서와 같이 카올린표준용액 1.8%에 대하여 전체평균은 -0.72%, 선형평균은 -0.39%, 카올린표준용액 3.69%에 대하여 전체평균은 -0.68%, 선형평균은 0.17%의 오차를 보여 전체적으로 싱글빔 보다는 다중빔이 다중빔 중에서도 전체 평균보다는 선형평균처리를 할 경우 훨씬 오차 정도가 우수하고 안정성도 향상되었음이 확인되었다.

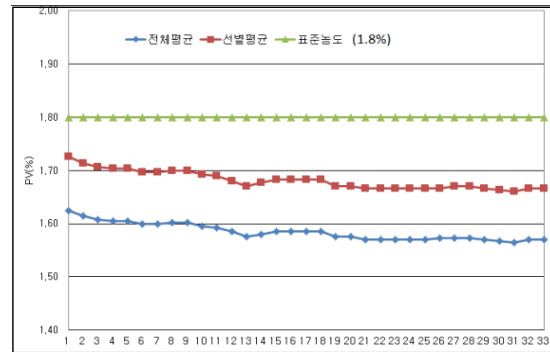


그림 16. 다중빔 농도계 전체평균과 선별평균(농도 1.8%)
Fig. 16 Whole average and selected average of multi beam(concentration 1.8%)

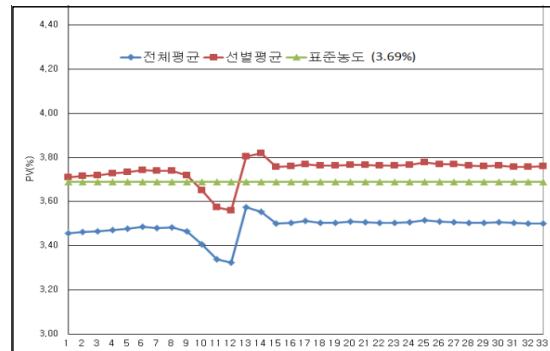


그림 17. 다중빔 농도계 전체평균과 선별평균(농도 3.69%)
Fig. 17 Whole average and selected average of multi beam(concentration 3.69%)

V. 결론 및 향후 연구

부단수 방식의 초음파 다중빔 슬러지 농도계 설계 및 개발로 기존 농도계의 가장 큰 문제점인 세정 및 교정 작업, 유지관리 등이 현실적으로 불가능한 것을 신속하면서도 간편하게 운영할 수 있도록 하였다.

또한 Pilot Plant 실험을 통하여 측정데이터에 대한 최소 편차 선형평균 필터링을 적용하여 개발한 농도계가 기존 농도계보다 정도 향상과 데이터의 안정성 측면에서 우수함을 검증하였다.

이를 바탕으로 정수장, 하수처리장, 폐수처리장 등 슬러지 처리 공정의 운영 효율화 및 자동화에 기여하고 운영 원가절감은 물론 배출 슬러지 감소 등 환경보존까지 효과를 기대하는 슬러지 자동 배출시스템 구축에 필요한 농도계로 활용될 수 있으며 국내 농도계 수입 의존도를 탈피하여 수입대체와 국내 관련 산업의 활성화도 기대가 된다.

향후 실제 플랜트에 적용하여 현장에서의 적용성과 실제 측정데이터에 대한 다양한 알고리즘 적용 연구 개발도 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

[1] Dr. Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities", 2nd edition, 2000.

[2] K. panter, "Comparison of Centrifuge and Belt Press for Compressible Digested After Thermal Hydrolysis", *WEFTEC2009*, pp. 6220-6229, 2009.

[3] Seiji Yamaguchi, "New type of sludge density meter using microwaves for application in sewage treatment plants", *Water Science and Technology*, Vol33, issue1, pp. 53-60, 1996.

[4] Korea water and wastewater works association, "Standard for drinking water facility", 2010.

[5] S.S Baek, Y.O Park, J.H Ban, "Study on optimal operation of residual treatment process automation", *Journal of Korea society for fluid machinery*, vol 20, issue 6, pp. 77-81, 2008.

[6] K-water, "Guideline for operation automation of residual treatment plant", 2012.

[7] J.H. Ban, "Study on performance improvement of sludge density meter", Chun-Buk National Univ. 2013.

[8] Neeraj Kumar Garg, University of Strathclyde, Multicriteria Assessment of Alternative Sludge Disposal Methods", 2010.

[9] D.H. Lee, S.C. Yang, J.Y. Chun, "Trend of research and development for sludge density meter", *Journal of Korea society for fluid machinery*, vol 9, Issue 3, pp. 58-63, 2006.

[10] S.Y Yoon, C.M Ahn, C.K. Kim, "Sludge reduction in the activated sludge process by electric field and ultrasound sludge solubilization", *Journal of korea society on water environment*, vol 29, issue 3, pp.329~337, 2013.

[11] Fifth series of industrial analysis, "ultrasonic density meter, microwave density meter, petroleum sulfur meter", *Monthly automation technology*, 2000.

[12] J.S. Choi, H.B. Kim, "Cost calculation of waste water treatment construction and maintenance", *Journal of korea society of environmental engineers*, vol 25, issue 1, pp. 33~37, 2003.



장상복(Sang-bok Jang)

1989년 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2003년 한밭대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사)
 2011년 ~ 현재 충북대학교 제어로봇공학과 박사과정
 1992년 ~ 현재 K-water 해외사업본부
 ※관심분야 : SCADA시스템, 최적제어, 패턴인식 기술, 계측제어



홍성택(Sung-taek Hong)

1993년 한밭대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 한밭대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
2005년 ~ 2007년 충북대학교 전파공학과 박사과정 수료
1996년 ~ 현재 K-water K-water연구원
※ 관심분야 : 위성통신, USN, 계측제어



전명근(Myung-geun Chun)

1987년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1989년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
1993년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
1993년 ~ 1996년 삼성전자 자동화연구소 선임연구원
2000년 ~ 2001년 University of Alberta 방문교수
2011년 ~ 2012년 Temple University 방문교수
1996년 ~ 현재 충북대학교 제어로봇공학과 교수
2007년 ~ 현재 ISO/IEC SC27 정보보호 표준화 전문위원
2008년 ~ 현재 TTA PG505 전문위원
※ 관심분야 : 바이오인식, 개인정보보호, 데이터마이닝, 지능시스템, 계측제어