수치모형을 이용한 가압필터 여과시스템 내 여과기 구조 변경에 따른 유동특성 연구

A Study on the Flow Characteristics According to the Structure Change of Filtration in a Pressurized Type Filtration System Using Numerical Model

김태원* · 송수호** · 박영진*** · 최창형**** · 김지호*****

Kim, Taewon*, Song, Sooho**, Park, Youngin***, Choi, Changhyung****, and Kim, Jiho*****

Abstract

In this study, a prototype was constructed and a field experiment was conducted to develop the water supply system that can purify polluted water quickly and efficiently. As a result of water quality analysis on the filtered water treated by a prototype, it could be used for living water, graywater and drinking water. There is the pressurized type filtration system that plays an important role in the water supply and production system. A filtration filter in the pressurized type filtration system absorbs pollutants and produces clean water. Filtration filter that can filter out contaminants is closely related to flow phenomena. Since it is impossible to observe in the vicinity of the filtration filter, the flow phenomenon is analyzed using CFX model. As the inner structure of the filtration was changed, the flow phenomenon in the filtration filter was examined. After changing the angle of the filter plate inside the filtration from 15° to 20°, the velocity distribution was analyzed. The standard deviation was reduced from 0.0575 to 0.0154. A uniform flow velocity distribution was formed around the filter. As a result, filtration efficiency is expected to increase.

Key words : Water Supply System, Pressurized Type Filtration System, Filtration, Filtration Filter, 3D Numerical Method, CFX

요 지

본 연구에서는 오염수를 신속하고 효율적으로 정화할 수 있는 물공급시스템을 개발하기 위해 시제품을 제작하여 현장실험을 수행하였다. 물공급시스템에 의해 처리된 여과수를 수질 분석한 결과, 생활용수, 중수 및 음용수로 이용 가능하였다. 물공급시스템에서 중요한 역할을 하는 가압필터 여과시스템 내부 여과필터는 오염물질을 흡착시켜 깨끗한 물을 생산한다. 오염물질을 제거함에 있어서 여과필터는 유동현상과 밀접한 관계를 가지고 있다. 그러나 여과필터 주변에서 관측이 불가능하기 때문에 3차원 수치모형인 CFX 모형을 이용하여 유동현상을 분석하였다. 이에 여과기 내부 구조 변경에 따른 여과필터 내 유동현상을 검토하였다. 현재 상용화되고 있는 여과기 내부 여과판 각도를 15~20°로 변경하여 유속분포를 분석한 결과, 표준편차가 0.0575에서 0.0154로 감소되었으며, 여과필터 주변에서 균등한 유속분포가 형성되어 여과 효율을 증진시킬 것으로 예상된다.

핵심용어 : 물공급시스템, 가압필터 여과시스템, 여과기, 여과필터, 3D 수치기법, CFX

*교신저자, 정회원, ㈜지티이 대표이사, 공학박사(Tel: +82-2-6969-7611, Fax: +82-2-6969-7620, E-mail: kimtw00@hanmail.net)

Corresponding Author, Member, Ph.D., CEO, GTE Co., Ltd.

**㈜지티이 수자원부 과장

Manager, Water Resources Dept., GTE Co., Ltd.

***정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

Member, Professor, Department of Civil Engineering, Seoul University

****케이원테크(주) 이사

Director, K-1 EcoTech, Co., Ltd.

*****정회원, 동부엔지니어링 수자원부 상무, 공학박사

Member, Ph.D., Director, Water Resources Dept., Dongbu Engineering Co., Ltd.

1. 서 론

전 세계적으로 물 부족현상이 심각하게 발생하고 있으며, 수질오염으로 인하여 깨끗한 물을 확보할 수 있는 방안들이 폭 넓게 연구되고 있다. 특히 취수원 확보가 유리한 하천수를 취수하는 경우 다양한 하천정화 기술들이 제안 및 시행되어 왔다. 하천정화 기술들로는 인공습지, 자갈접촉산화법, 끈상 접촉산화법, 하상여과, 하천정화용 수처리장치인 가압필터를 이용하는 방법들이 적용되고 있다.

인공습지의 경우 자연정화시스템으로 자연친화적인 장점을 가지고 있는 반면, 하수처리장에 비해 많은 면적이 필요하며, 전처리나 수질에 따라 다르지만 1,000 m³ 처리에 1.5~5 ha의 넓은 면적이 필요하며 습지의 최고효율은 식물의 성장과 조성상태에 의존하기 때문에 설계효율이 나타나려면 2~3년은 지나야 효과를 볼 수 있는 단점이 있다. 미생물막을 자갈표면에 부착 형성시키는 고정 생물막 접촉산화법의 일종인 자갈접촉산화법은 하천수중에 포함된 무기성 물질의 부유, 강우에 의한 하천수위 증가, 하천수 중에 포함된 쓰레기 등으로 인한 시설의 저해, 하천수질의 급격한 변동 및 정화에 따라 발생하는 슬러지 처리의 문제점이 있다. 또한 T-N 및 T-P의 정화에는 효과가 없고 5년마다

자갈을 교체해 주어야 하는 단점이 있다. 끈상접촉산화법은 오염된 하천 수를 유입시켜 접촉재에 부착된 미생물에 의해 오염물질을 분해하는 생물학적 처리공법으로 공극율이 높아 미세부유물질 유출 가능성이 높고 독성물질에 약하다는 점, 강우로 인해 가동중지 후 재가동시 처리수 악화, 과다 미생물 부착으로 접촉재 내부 혐기화 우려, 계절별 운전으로 유지관리 불리, 연중 송풍기 운영으로 소음발생 및 유지관리비 증가, 폭기시설 별도설치 등의 문제점이 있다. 하상여과는 하천 인근에 수평 혹은 수직집수정을 설치하여 지하수위를 하천수위 이하로 낮춤으로써 하천표류수를 유도하여 취수하는 방식으로 하천표류수가 충전층을 통과하면서 여과되는 이점을 활용하는 것이나, 타 하천여과방식과 비교하였을 경우 공사비가 고가이며 T-N, T-P 제거가 불가능하며 철, 망간 성분의 중금속 유출, 지질 및 지반 조건에 따른 적용성 제약 등의 문제가 있다(KIST, 2014). 이와 같은 하천수 정화 방법과 비교하여 최근 가압필터에 의한 하천수 취수방법이 많이 보급되고 있는데, 가압필터 장치를 이동식 차량에 탑재하여 하천 고수부지 주변 수영장 등에 하천수를 공급 시 적용하거나, 단시간 내에 처리수를 생산하여 공급할 수 있는 장점들을 지니고 있어 최근 그 적용성이 증대되고 있는 실정이다. Fig. 1은 평상시 및 재난시 생활용수와 비상급수가

(a) Photograph for movable water production system (Field experiment)

(b) Photograph for 2nd treatment

(c) Schematic for 2nd treatment

Fig. 1. Movable Water Production System

가능한 친환경 이동식 물공급시스템을 개발하고자 현장 수리모형실험 사진이다.

여과기 내로 유량을 유입시키기 위해서는 전처리시설이 필요하며, 전처리 시설을 통해 유입된 유량은 여과기 내에서 여과 후 유출되는 시스템으로 Cho et al.(2010)은 상용 CFD 프로그램인 Fluent를 이용하여 정수공정에서 유량을 효율적으로 유출시킬 수 있는 유공관을 설계하기 위해서 유공의 직경, 개수, 배치간격, 길이 등 설계인자들에 대하여 검토하였다. 유공관 설계에서 유공 면적비가 작아질수록 유출 균등성은 그에 비례하여 향상되며 또한 동일한 면적비에서 유공의 개수가 증가할수록 유출량 균등성은 향상된다고 제안하고 있다. Kim et al.(2013)은 취수관 폐색을 제어하기 위한 매설식 해수취수시스템 개발에 대하여 현장검증 및 3차원 수치모의 실험을 통해 매설식 해수취수설비의 타당성을 제안하였다. The Hongik University Institute of Technology(2011) 및 Kim et al.(2013)은 CFX 모형을 이용하여 근거리 해수취수시스템에 대하여 3차원 수치모의실험을 수행하였다. Kim et al.(2013)은 여과층을 이용한 전처리 시설이 부유물질에 대하여 수산용수 1급 5 mg/L 이하로 정화되는 효과가 있다고 제안하였으며, 다공성 기법을 적용한 수치모형을 이용하여 취수관 구조, 취수관을 다열로 배치하였을 때 양측의 유량이 0.98배로 감소하였지만 유동의 간섭현상은 발생하지 않았다고 제안하였다. Kim et al.(2015)은 취수관 길이 및 취수관에서 안정적인 취수를 할 수 있는 최적의 유공 제원을 찾아내기 위해 유공의 크기 및 배치에 따라 취수관 단면적 대비 유공면적의 비를 유공비율이라 명명한 후 수치해석 수행한 결과, 유공율이 353%를 확보하는 것이 취수관 내부 균등한 압력분포 및 안정적인 흐름측면에서 유리하다고 제안하였다. KIST(2014)는 케이 원에코텍과 공동으로 가압필터를 이용한 하천정화기술을 연구함에 있어 가압필터 시스템에 대하여 여과 방향 변화 및 여과기 출구 유로를 2배 확대시 유동특성에 대하여 FLUENT 모형을 이용하여 2차원 검토를 수행하였다. 기존 연구는 주로 전처리 및 유공관에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔으며, 여과기 내부 구조변경에 따른 유동특성에 대한 연구는 미진한 실정이다.

최근 이동식 가압필터 장치에 주로 적용되고 있는 K-WHEEL F는 가압필터 여과장치 내 여과막을 설치하여 오염물질을 걸러내는 장치인데, 투과성 여과막에 오염물질이 걸러지면서 여과압력이 상승하게 되면 여과효율이 저하되게 된다. 또한 영구적이지 않기 때문에 주기적으로 교체해야한다. 이와 같은 교체 주기를 늦추기 위해서 역세척 공정에 의해 여과방향과 반대방향으로 역세척수를 공급하여 도포된 여과재와 슬러지를 배출하게 되며, 여과재 회석액 주입 및 여과 역세척의 반복 작업을 통해 가압필터 여과기의 성능을 유지할 수 있도록 하고 있다. 이처럼 여과기 내부 여과막에 오염물질의 흡착, 역세척에 의한 오염물질 제거도 여과기

내부 구조적 특성에 지배를 받게 된다.

본 연구에서는 Fig. 1(a)의 경우 이동식 물생산시스템에 대한 시제품을 제작하여 현장 수리모형실험을 수행하였다. 이와 같은 시스템은 현재 차량에 탑재되어 운영 가능한 시스템으로 현장 실험의 경우 원수인 오염수에 대하여 각각의 처리 장치를 통해 처리된 여과수에 대하여 원수 대비 여과수에 대한 BOD, COD, pH, 색도, SS, 대장균 만족 등에 대한 수질분석을 수행하였다. 그러나 여과기 내 구조변화에 따른 여과필터 효율성에 대한 수리모형실험은 관측이 상당히 어려운 실정이다. 이로 인해 지금까지 여과기 내부 형상 변화에 따른 여과막 주변 유동현상 분석에 대한 연구는 미진한 실정이다.

본 연구에서는 3차원 수치모형을 이용하여 여과장치 내부의 흐름공간 크기 및 각도 조정에 따라 여과기 내 유동특성을 검토하였으며 여과필터 내부의 여과포에 발생하는 흐름특성을 검토하여 최적의 여과기 구조에 대해 분석하였다.

2. 현장실험

현장실험에 대한 목적은 부족한 비상급수시설의 보완뿐 아니라 평상시에도 하천이나 저수지 등의 물을 이용하여 조정용수, 생활용수, 더 나아가 음용수로 활용이 가능한 이동식 물공급시스템을 개발하고자하기 위함이다. 이에 총 연구기간 중 생활용수로 사용 가능한 2차 처리시설에 대한 연구는 완료한 상태이며, 현재 음용수로 사용 가능할 수 있도록 실험실 및 현장실험에서 3차 처리시설을 보완 개발하고 있다. Fig. 1은 이동식 물공급시스템으로 경기도 평택의 진위천에 적용할 수 있도록 제작 설치하였으며, 구조는 1차 처리는 활성탄을 이용하여 원수(오염수)를 처리하고, 2차 처리는 가압필터 여과장치를 이용하여 생활용수가 가능하도록 처리하며, 3차 처리는 멤브레인이 가능하도록 RO 시스템이 장착하여 음용수로 활용할 수 있도록 개발하고 있는 장치이다.

원수는 하천수를 채취한 후 원수, 1차, 2차 그리고 3차 처리 후 샘플링한 후 생활용수 가능여부를 확인하기 위해 공인된 한국건설생활환경시험연구원(Korea Conformity Laboratories)에 의뢰하여 수질분석을 수행한 결과는 Table 1과 같다. 원수 및 각 처리수를 분석한 결과, 하천수 원수의 탁도가 12.5 NTU에서 전처리(모래여과) 6.63 NTU, 1차처리(활성탄) 1.61 NTU, 2차처리(가압필터) 0.67 NTU로 탁도 제거가 이루어짐을 확인할 수 있었으며, 중수도 기준인 2 NTU를 안정적으로 만족함을 확인할 수 있었다. 또한 유기물 확인을 위해 BOD, COD 분석결과 최종 처리수인 2차 처리(가압필터)에서 원수 대비 BOD 80.0%, COD 37.9% 제거율을 나타내었으며, 최종 처리수는 중수도 기준(BOD 10 mg/L, COD 20 mg/L)을 안정적으로 만족 하였다. 색도의 경우 최종 처리수가 4도로 중수도 기준 20도를 안정적으로 만족하였다.

Table 1. Assessment for Living Water, Water Reclamation/Reuse and Drinking Water

Index	Unit	Target (Standards)	Raw Water	1 st Treatment	2 nd Treatment	3 rd Treatment
BOD	mg/L	Less than 10	1.5	0.60	0.3	
COD	mg/L	Less than 20	5.8	3.60	3.6	
PH	-	5.8 ~ 8.5	7.5	7.5	7.4	
Chromaticity	CU	Less than 20	5.0	4.00	4.00	
Turbidity	NTU	Less than 2	12.5	1.61	0.67	
Smell	-	Do not unpleasant smell	None	None	None	
Coliform Group	-/100 mL	Non-detection	None	None	None	
Drinking Water		Drinking Water Standards				O.K
Discharge	ton/hr	30 ton/hr				

기타 냄새물질은 없는 것으로 확인되었으며 pH 수질기준을 만족하였다.

3차 처리 필터인 멤브레인 필터는 음용수를 생산하기 위한 역삼투압 방식의 여과기로 현재 여러 곳의 회사에서 생산되고 있는 제품을 활용하여 자체 제작함에 있어서 UV시스템, 염소소독 시스템 등 살균력을 테스트하기 위해 자체 설계 제작되었다. 3차 처리수에 대하여 음용수 가능성 확인을 위해 1, 2, 3차 테스트 후 각각에 대하여 KCL에 의뢰하였다. 공인 기관 시험성적서 분석 결과, 음용수가 가능한 것으로 확인되었다. 그러나 시제품 제작 후 실험기간이 짧고, 겨울철 이라 동결 등의 문제로 실험에 어려움이 발생하였으며, 장기 운전 가능 여부를 지속적으로 실시해서 문제점을 도출 및 개선 보완 중이다.

가압필터 시스템 내 여과기 내부에서 여과필터 역할을 하는 여과포와 여과재에 따른 성능 평가를 수행 중에 있으나, 여과기 내부 구조 개선에 따른 유동장을 관측을 수행할 수 없어 이에 대하여 3차원 수치모형을 이용하여 여과기 내부 개선안을 도출하고자 하였다.

3. 수치모형실험

3.1 적용모형

국내·외 상용프로그램으로 널리 사용되고 있는 유동해석 모형으로는 Flow-3D, Fluent, CFX 모형 등이 있다. Flow-3D의 수치기법은 유한차분법(Finite Difference Method, FDM)이며, Fluent, CFX 모형은 유한체적법(Finite Volume Method, FVM)이다. 이들 모형들은 연속방정식과 시간 평균된 RANS (Reynolds Average Navier Stokes) 방정식을 이용한다. Flow-3D 모형의 경우 중력흐름을 잘 재현하는 반면, Fluent 또는 CFX 모형은 압력흐름을 잘 재현한다.

본 연구에서 가압필터 여과시스템 내 여과판 형태에 대한 유동해석을 수치모의하기 위해서는 유한차분법 기반의 Flow-3D 모형을 이용하는 것보다는 유한체적법 기반의 압

력흐름을 잘 재현할 수 있는 Fluent 또는 CFX 모형을 선정하는 것이 타당하다. ANSYS CFX 회사에서 FLUENT 회사를 인수하여 현재는 ANSYS에서 사용할 수 있다. CFX와 Fluent 모형을 비교 시 CFX는 Post processing이 뛰어나며, Fluent 모형 보다 입력해야하는 매개변수들이 적다. 또한 비압축성 유체 조건에서 유속경계조건을 적용하였을 경우 수치적으로 매우 안정한 장점을 가지고 있다(ANSYS Inc., 2015). 본 연구에서는 유속경계조건을 적용하기 때문에 CFX 모형을 선정하였다.

본 연구에서는 여과기 구조 내부에 대하여 유동해석을 수행하였으며, 유동해석에서 적용되는 지배방정식은 다음과 같다. 연속방정은 Eq. (1), RANS 방정식은 Eq. (2)와 같다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j u_i) = \\ - \frac{\partial p}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \overline{\rho u_i u_j} \right) + \rho g_i \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, ρ 는 밀도(density), u 는 유속의 시간평균성분, p 는 압력, μ 는 점성계수, $-\overline{\rho u_i u_j}$ 는 레이놀즈응력 항, g 는 중력가속도이다. 이때 RANS 방정식의 경우 시간평균하면서 레이놀즈 응력항이 생성되어 매움문제(closed problem)가 해결되지 않기 때문에 난류모형을 결합하고 있다. CFX 모형의 경우 난류모형은 크게 RANS Eddy-Viscosity, RANS Reynold Stress, Eddy simulation 모형을 크게 분류되어 있다 (Jeong, 2013; ANSYS Inc., 2015). 본 연구에서는 RANS Eddy-Viscosity 모형 중 적용성이 인정되고 standard $k-\epsilon$ 방정식보다 계산 시간은 길지만 복잡한 난류 흐름을 더욱 정확하게 모의할 수 있기 때문에 RNG $k-\epsilon$ 방정식을 적용하였다.

3.2 모형구성 및 입력조건

3차원 수치모형을 이용하여 여과기 내 유동현상을 파악하기 위해서 여과기를 Fig. 2와 같이 3차원으로 재현하였다. 차량에 탑재할 수 있는 여과판은 최대 20개까지 가압필터 시스템에 장착할 수 있으며, 금회 현장 실험에서는 10개의 여과판으로 구성된 가압필터 시스템에 대하여 격자 부여 및 모의 시간에 한계가 있어서 5개로 구성된 가압필터 시스템을 구성하여 수치모의를 수행하였다. 여과기 내 약 2 mm 두께 여과막을 정확히 재현할 수 없기 때문에 CFX의 다공성(Porous)기법을 적용하여 여과막의 두께를 2.0 mm, 공극률을 25%로 가정하였다.

가압필터 여과기 내부 형상 변화에 따른 유동해석을 수행하기 위해서 여과기 각도, 유출부 형태에 따라 Fig. 3과 같이 4가지 Case로 구분하였다. Case 1은 현재 상용화된 K-WHEEL F 여과기 구조로 여과판 경사는 15°, Case 2는 직선구조로 설계된 기존 여과기 유출부를 예각으로 변경, Case 3은 유출부에 코안다 효과(Coanda effect)를 고려하여 설계된 여과기, Case 4는 여과기 내부 여과판을 case 1과 비교하여 20°로 변경하여 수치모의를 수행하였다.

Fig. 2. Model Composition and B.C.

Case 1		
Case 2		
Case 3		
Case 4		

Fig. 3. Structure Change Cases of Filtration

경계조건을 적용함에 있어서 입구 경계는 실제 가압필터 여과정수 시스템에서 목표 취수량으로 계획된 6.0 m³/hr에 대해 Fig. 1의 현장수리모형실험에서 적용된 여과판의 개수

및 유입면적을 계산하여 본 수치모형에 적용된 여과판의 개수 및 유입면적을 고려한 0.235 m/s의 유속 경계조건을, 출구 경계는 대기압(P=1.0 atm) 조건을 적용 하였다(Fig. 2 참조). 격자 구성시 여과판은 3.0 mm, 여과막은 1.0 mm의 크기로 구성하여 여과기 형상을 최대한 반영할 수 있도록 Fig. 4와 같이 구성하였다.

Fig. 4. Grid Generation

4. 수치해석 결과

현재 상용화되고 있는 여과기 내 여과필터인 여과포의 경우 역세척을 통해서 여과포 주변에 흡착되어 있는 오염물질 등을 제거하지만 주기적으로 교체를 해주어야 한다. 그 이유로 여과필터 주변 유동현상이 균등하게 발생하지 않을 경우, 즉 유속편차가 발생할 경우 여과포 수명과 연관되기 때문에 여과기 내부 구조 변경을 통해 여과필터 주변에 균등한 유속분포 형성여부에 대하여 3차원 CFD 모형을 이용하여 여과기 내 유동해석을 수행하였다.

Fig. 5는 여과기 내부 유동현상을 분석한 결과로 가압필터 시스템 유입부 경계조건으로 0.235 m/s로 유입된 유량에 대하여 여과판 내 유입부 및 유출부 실선 부분에 대하여 지점 유속 10개에 대한 평균유속 값을 도시하였다. 유입부와 유출부 유속차이는 약 7~8배 정도 차이를 보여주고 있다. 유입부보다 유출부에서 유속이 약 7~8배 낮은 유속이 발생하는 이유는 유입된 유량에 대한 정화를 위해서 여과필터를 설치하기 때문이다. 유입부와 유출부 압력 차이를 검토한 결과 모든 안들이 유사한 차이를 보이고 있다 (Table 2 참조). Case 1과 비교하여 여과 필터 주변 유속 차이가 크게 발생하는 경우 편중되는 현상으로 여과 필터 수명에 영향을 줄 수 있다. 이에 유동해석을 통해 필터 주변 및 필터 내 상세 유속을 검토하였다. Fig. 6은 필터 주변 상세 유속벡터 결과이다.

Table 3은 여과기 내 길이 11.5 cm 필터에 대한 지점별 통과 유속을 도시한 Table로서 지점들에 대한 유속들에 대한 표준편차를 산정한 것이며, Case 3이 다른 안들과 비교하여 비교적 높은 유속이 여과 필터에 분포하고 있다. 그 이유는

Fig. 5. Result of Velocity Distribution in a Pressurized Type Filtration System

Table 2. Pressure Difference between Outlet and Inlet

Case	Pressure (Pa)	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Remark
1	① Inlet	101,343	101,356	101,360	101,370	
	② Outlet	101,350	101,365	101,374	101,376	
	② - ①	7	9	14	6	Pressure Difference
2	① Inlet	101,343	101,354	101,357	101,366	
	② Outlet	101,348	101,363	101,371	101,372	
	② - ①	5	9	14	6	Pressure Difference
3	① Inlet	101,331	101,318	101,327	101,343	
	② Outlet	101,347	101,359	101,365	101,367	
	② - ①	16	41	38	24	Pressure Difference
4	① Inlet	101,345	101,356	101,359	101,367	
	② Outlet	101,350	101,364	101,373	101,376	
	② - ①	5	8	14	9	Pressure Difference

Fig. 6. Result of Velocity Vector Distribution around the Filtration Filter

Table 3. Standard Deviation for Velocity Values in the Filtration Filter (Unit: m/s)

Case	Location										Standard Deviation
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.121	0.155	0.167	0.165	0.144	0.107	0.063	0.021	0.015	0.036	0.0575
2	0.083	0.085	0.082	0.083	0.090	0.120	0.151	0.162	0.155	0.124	0.0315
3	0.211	0.192	0.242	0.343	0.439	0.482	0.455	0.387	0.318	0.273	0.0992
4	0.057	0.063	0.070	0.077	0.077	0.065	0.049	0.031	0.033	0.055	0.0154

다른 안들과 비교하여 Case 3이 유입부 면적이 축소되기 때문에 고유속이 여과필터에 영향을 미치는 것으로 검토되었다. 따라서 여과필터 내구성 측면에서는 불리할 것으로 예상된다. 표준편차를 분석한 결과, Case 4가 가장 유리하며, Case 4가 다른 안들과 비교하여 낮은 유속이 여과필터에 균등하게 분포하는 것으로 검토되어 필터의 내구성 측면에서 유리한 것으로 예측된다.

5. 결론 및 고찰

본 연구는 이동식 물공급시스템에 대한 시제품을 제작하여 현장 수리모형실험을 수행하였다. 이 시스템 내 각각의 처리장치에서 처리된 처리수를 공인된 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰하여 수질분석을 수행하였다. 수질분석 결과, 생활용수, 중수 및 음용수 수질기준을 만족하였다. 2차 처리장치인 가압필터 내 여과기 내부 구조 변경에 따라서 CFX 모형을 이용하여 유동해석을 수행하였다. 현재 상용화되고 있는 여과판 각도를 20°로 변경하였을 경우 여과필터 주변에서 낮은 유속 및 균등한 유속분포가 형성되고, 표준편차도 가장 낮게 검토되어 여과기 필터의 효율 측면에서 가장 유리할 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 현장관측실험에서 관측할 수 없는 여과기 내부 유동현상 검토를 통해 여과기 내부 형상 설계인자를 도출하였다. 현재 상용화되고 있는 제품에 적용시켜 장기간 관측을 통해 그 효과를 검증하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

실제 여과기 내부 여과필터 내부 구조의 까다로움과 오염수라는 화학적 지표가 포함된 유체를 정확하게 수치모형으로 재현하는 것은 한계가 있다. 향후연구에서는 다공성기법과 미립자 추적기법을 동시에 적용하였을 경우 슬러지 효과를 재현할 수 있는지 검토가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구사업임(과제번호 17TBIP-C112328-02).

References

- ANSYS Inc. (2015) *ANSYS CFX-solver Theory Guide*.
- Cho, Y.M., Yoo, S.J., Roh, J.S., and Bin, J.H. (2010) Design of the Perforated Pipe in Water Treatment Process Using CFD. *Journal of KSEE*, Vol. 32, No. 9, pp. 887-893.
- Jeong, W.C. (2013) A Study on Characteristics of Flood Flow at a Channel Confluence Connected Asymmetrically with Four Channels. *Journal of KWRA*, Vol. 46, No. 7, pp. 767-781.
- Kim, J.H., Lim, I.G., Lee, S.O., and Park, Y.J. (2013) Development of Undergrounding-type Seawater Intake Facility for Controlling the Intake-pipe Obstruction. *Proceedings of KWRA*, pp. 116-120.
- Kim, J.H., Lim, I.G., Park, J.K., Choi, I.H., and Park, Y.J. (2013) Analysis of Undergrounding-type Seawater Intake Facility by Hydraulic Experiments. *Proceedings of KOSHAM*, p. 508.
- Kim, T.W., Kim, J.H., Lee, S.O., and Park, Y.J. (2013) Analysis of Undergrounding-type Seawater Intake System using Numerical Model. *Proceedings of KALS*, pp. 317-319.
- Kim, T.W., Kim, S.H., Kim, J.H., and Park, Y.J. (2015) A Study for Double Pipe Type Intake Pipe in Seawater Intake Facility(Ⅱ): Numerical Modeling Test. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 15, No. 2, pp. 333-339.
- KIST (2014) *River Purification Technology Using Pressurized Filter*.
- The Hongik University Institute of Technology (2011) *The Report of 3D Numerical Simulation for Near part Seawater Intake Facility*.

Received	September 22, 2017
Revised	September 25, 2017
Accepted	October 30, 2017