

## 여과필터를 포함한 세척이 가능한 수도꼭지 어셈블리 하우징 개발을 위한 최적설계 연구

### Optimal Design Study for Development of Washable Faucet Assembly Housing Including Filtration Filter

손인수<sup>1\*</sup>, 배상대<sup>2</sup>

In-Soo Son<sup>1\*</sup>, Sang-Dae Bae<sup>2</sup>

#### 〈Abstract〉

In recent years, contamination of drinking water sources has emerged as a serious social problem, such as a large number of impurities in tap water or groundwater or the supply of suitable water due to rust of pipes. Although the government and public institutions are implementing various measures to protect water sources, they cannot improve water quality in a short period of time because of the enormous cost involved. Therefore, in recent years, preference has been given to a device that converts tap water, which is hard water, into soft water by installing a separate water softener at the faucet from which tap water is discharged. However, the existing filtration device has a problem that filtration performance is gradually lowered when impurities accumulate in the filter, requiring continuous filter replacement. In this study, the optimal design of the filter housing was performed to develop a water softener that can be washed when impurities accumulate on the filter inside the water softener connected to the faucet. For optimal design of the filter housing, fluid and fluid-structural interaction analysis were performed on the design pressure to determine the shape and thickness of the housing, and design review was performed through prototype.

*Keywords : CFD, Filter Housing, Fluid-Structural Interaction Analysis,  
Filter System Optimal Design*

---

1\* 정회원, 교신저자, 동의대학교 기계자동차로봇부품공학부 1\* Corresponding Author, Division of Mechanical, Automobile,  
E-mail: isson92@deu.ac.kr Robot Component Engineering, Dong-eui University

2 신라대학교 화학공학과 E-mail: baesd@silla.ac.kr 2 Dept. of Chemical Engineering, Silla University

## 1. 서론

일반적으로 수돗물 또는 지하수와 같은 식수원에 여러 가지 금속, 중금속 이온등의 불순물이 포함되어 있다. 뿐만 아니라 부유물질이나 고분자물질과 같은 미립자 불순물도 포함될 수 있으며, 이러한 불순물들이 포함된 수돗물 또는 지하수를 통상 경수(hard water)라 한다. 근래 들어 수돗물 또는 지하수에 불순물이 다수 함유되거나 배관의 녹에 의해 적수가 공급되는 등 식수원의 오염이 심각한 사회문제로 대두되고 있으며, 이에 대응하여 정부나 공공기관에서는 상수원 보호를 위한 여러 가지 대책을 시행하고 있다. 하지만 이에 대한 비용이 막대하게 소요되기 때문에 단시일에 수질을 개선하지는 못하는 실정이다.

따라서 최근에는 수돗물이 배출되는 수도꼭지에 별도의 연수기를 설치하여 경수인 수돗물을 연수(soft water)로 배출하는 장치를 선호하고 있다. 이처럼 수돗물의 불순물을 제거하기 위하여 기존 장치는 동점유를 이용한 염소제거 및 살균이 가능한 장치를 수도 밸브에 조립하여 사용하는 것이 일반적이었다. 하지만 기존 여과장치는 동점유 필터에 불순물이 쌓이게 되면 여과 성능이 점점 낮아지게 되어 지속적인 필터 교체가 필요한 문제점을 가지고 있다.

Fig. 1은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 설계하고자 하는 연수장치의 개략도를 보여주고 있다. 수돗물이 유입(A)되어 필터를 통과한 후 연수가 된 물이 배출부(B)로 빠지는 구조로 되어 있다. 일정 기간 사용 후 수돗물 배출부(B)를 닫고, 세척수 배출부(C)를 열어 세척한 물이 빠져나가면서 필터 외부에 쌓인 불순물을 제거하는 구조이다.

Jang 등[1]은 세라믹 필터 집진기 내부를 흐르는 유동을 3차원 정상상태 난류 유동으로 해석하여 필터 성능곡선에 필요한 정보를 제시하였으며,

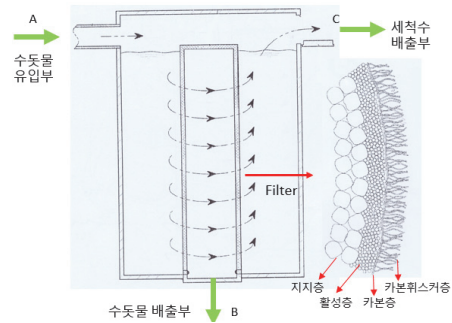


Fig. 1 Analysis model

필터에 불순물이 쌓인 경우 역세정을 통하여 필터부를 세척하는 방법에 관한 연구도 진행되었다 [2,3]. 또 필터 하우징 설계를 위하여 유동해석을 수행하고, 그 결과를 이용하여 필터 하우징의 최적설계 방법을 도출한 연구도 진행되었다[4]. 기존 연구에서는 대부분 산업용 필터 등의 대용량 필터 시스템에 관한 연구가 대부분이었으며, 연수필터와 같은 소형 필터에 대한 역세정 방법 및 하우징 최적 설계에 대한 연구내용은 찾아보기 힘들다.

이 연구에서는 수도꼭지에 결합되는 연수장치에 있어 여과 필터의 세척이 가능한 하우징의 최적 설계를 위하여 유동 및 유동-구조해석을 통하여 하우징의 최적설계를 수행하였다.

## 2. 기초설계

Fig. 2는 세척이 가능한 필터 하우징 개발을 위한 설계 과정을 도시한 것이다. 먼저 설계목표에 따른 여과장치의 초기설계를 수행한 후 유동해석을 통하여 유체의 입출구 위치를 결정한다. 이를 바탕으로 설계를 수행하고, 유동-구조해석을 통하여 필터 하우징의 최적 두께를 선정한 후 프로토타입(prototype) 제작을 통하여 전체 형상 및 최적 치수를 결정하고자 한다.

Fig. 3은 유체의 입출구 위치를 결정하기 위한 3D 모델을 도시한 것으로 입구는 고정하고 세척수 출구 위치를 결정하기 위하여 유동해석 및 유

동-구조해석을 수행하였다. 유동해석을 위한 하우징 내부 압력조건은 0.6MPa를 적용하였으며, 수도 배관과 연결되는 입구 측을 완전고정하여 해석을 수행하였다.

Fig. 4는 각 경우에 대한 유동해석 및 유동-구조 연성해석 결과를 도시한 것이다. 유동해석 결과 세척수 배출구가 중간부분에 위치한 Case 2의 경우 속도 분포는 가장 이상적이지만 속도의 크기가 매우 작다. Case 3의 경우 Case 2와 비교해서 속도는 약 2배 정도 빠르며, 속도분포도 양호한 것으로 판단된다. 또 유동구조해석 결과에서 Case 1의 경우 최대응력은 약 18.8 MPa로 매우 작은 값을 가지며, Case 2와 Case 3의 경우 최대응력은 약 175.0 MPa, 171.0 MPa를 각각 가지며 하우징의 재질(STS 316)의 허용강도와 비교하여 매우 안정적임을 알 수 있다. 유동해석 및 구조해석 결과를 바탕으로 Case 3로 모델을 선택하였다. 왜냐하면, 응력이 낮은 것도 중요하지만 유동해석

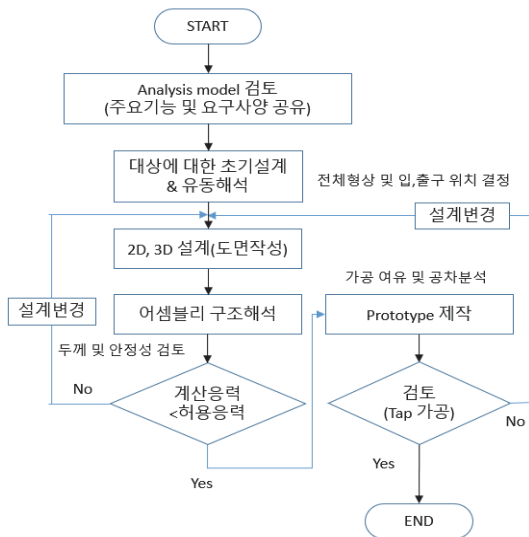


Fig. 2 Optimal design process of filter housing

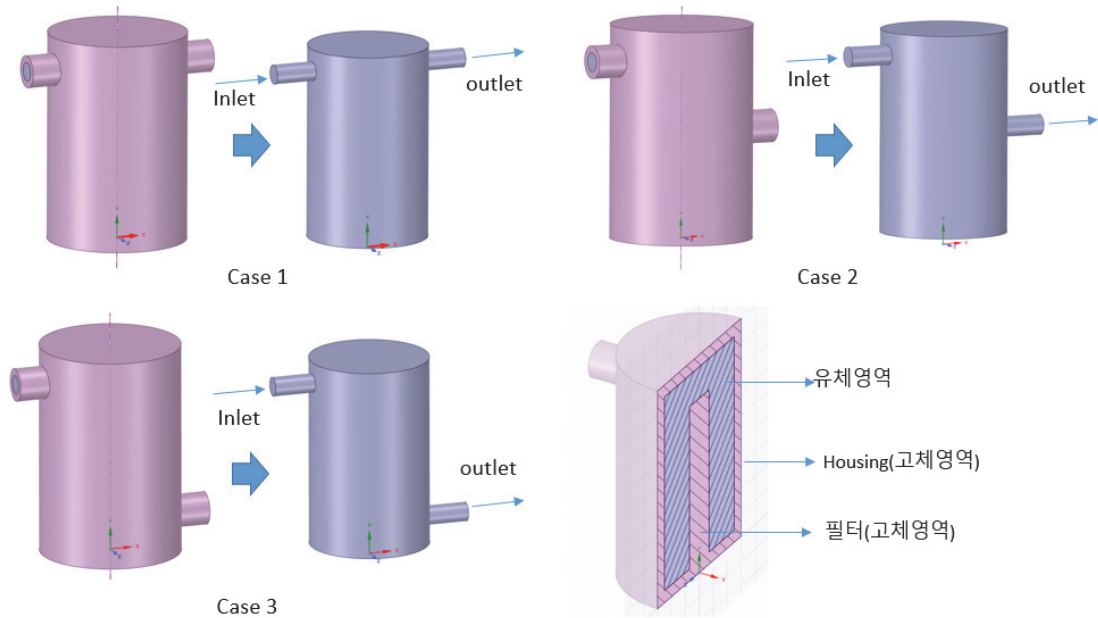


Fig. 3 3D modeling of filter housing for fluid analysis

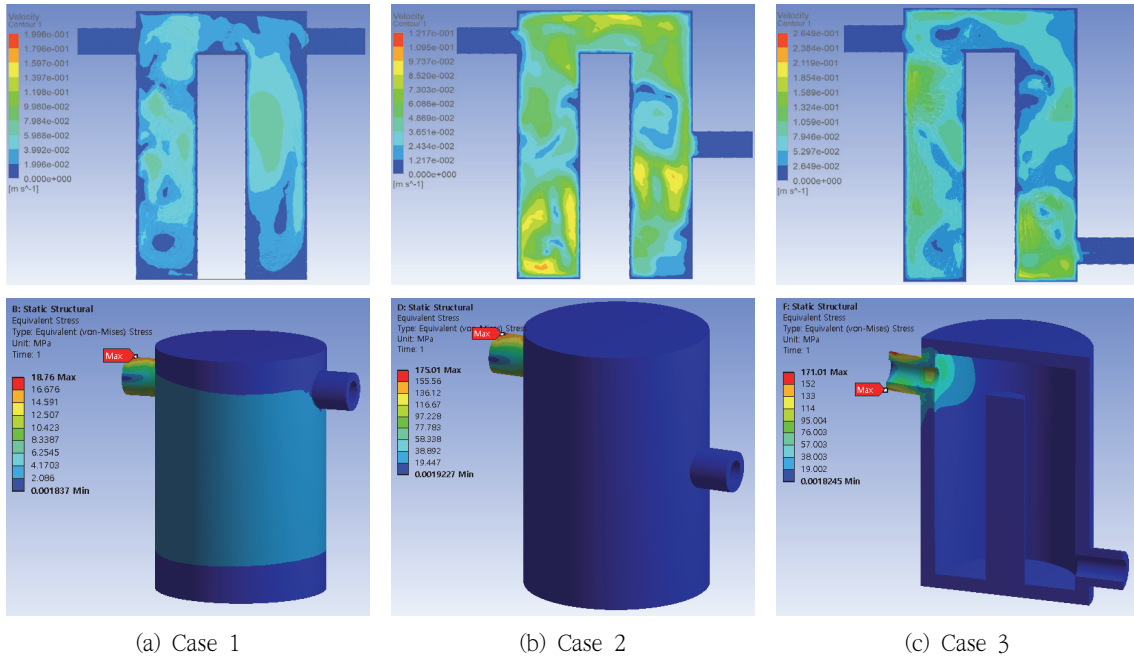


Fig. 4 Analysis results of fluid and fluid-structural analysis

결과와 비교 검토하면 유속이 빠른 경우 세척에 유리하기 때문이다.

### 3. 설계변경

앞에서 해석을 통하여 결정한 세척 배출구 위치를 확정하고 하우징의 전체 치수 및 세부 치수를 위한 설계 변경을 수행하고자 한다. 즉, 내부 필터 교체를 위한 커버 및 배출구 밸브 탭을 추가하고, 필터 고정을 위한 고정 방법을 고려하여 설계변경을 수행하였다.

Fig. 5와 같이 여과필터 세척과 제작을 쉽게 하기 위하여 분리 가능한 하우징 커버를 설계(A)하였으며, 여과필터 고정부 설계(B)를 추가하였다.

Fig. 6은 설계변경된 필터 하우징의 유동-구조 해석을 수행하기 위한 유한요소 모델을 도시한 것

이다. 해석의 주된 목적은 필터 하우징의 두께 결로 설계하여 유동-구조 연성해석을 수행하고 그 결과를 검토하였다. 연성해석에 있어 먼저 입구 압력조건을 0.6 MPa를 적용하여 유동해석을 수행한 후 그 결과를 구조해석의 압력조건으로 적용하여 해석을 수행하였다.

Fig. 7과 Fig. 8은 두께가 3 mm인 Case 3와 Case 3에 필터를 장착한 경우인 Case 4의 해석 결

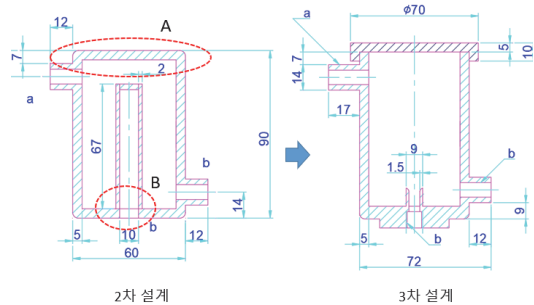


Fig. 5 Design change of filter housing

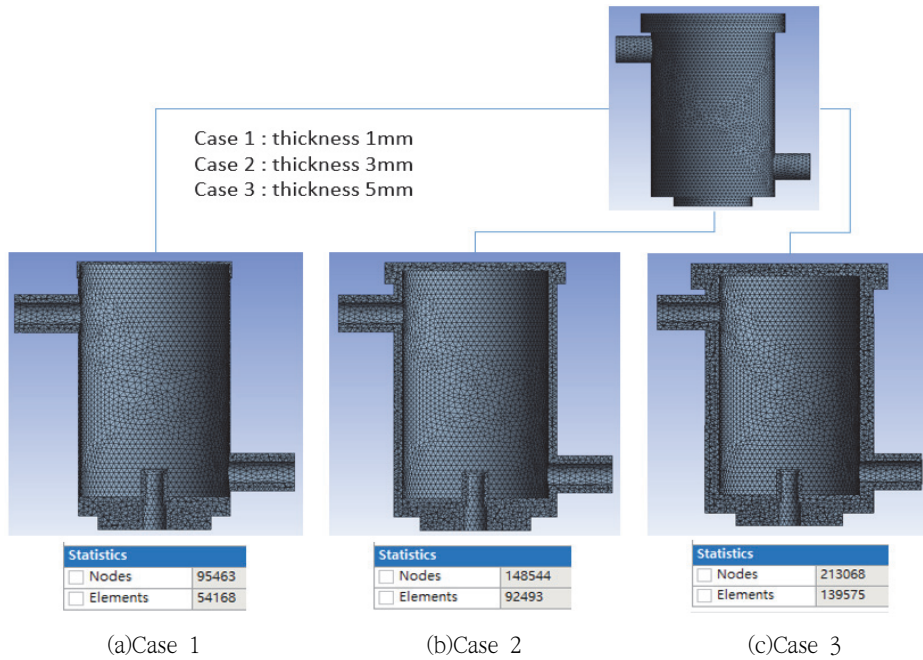


Fig. 6 FE modeling for thickness determination

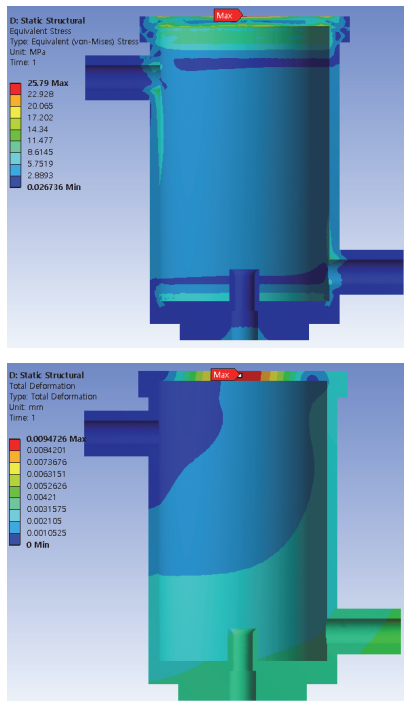


Fig. 7 Fluid-structural analysis results(Case 2)

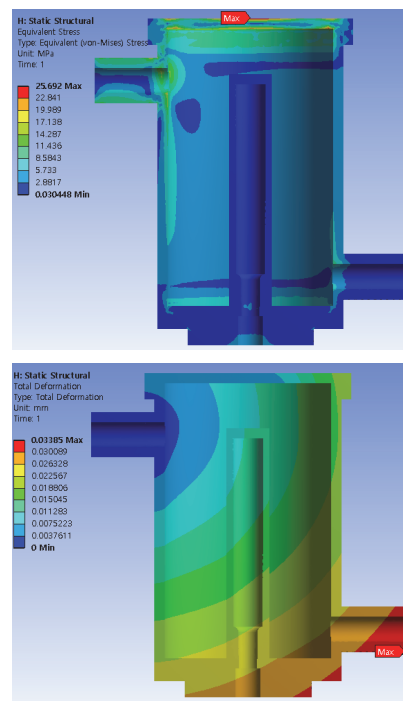


Fig. 8 Fluid-structural analysis results(Case 4)

Table 1. Analysis results of filter housing and safety factor

	Nodes	Elements	Max. Deformation (mm)	Max. Stress (MPa)	Safety factor	Note
Case 1	95,463	54,168	0.23	217.7	0.9	Unstable
Case 2	148,544	92,493	0.01	25.8	7.9	Stable
Case 3	213,068	139,575	0.003	10.3	19.9	Stable
Case 4	161,623	98,575	0.03 (filter : 0.026)	25.7 (filter : 3.0)	8.0	Stable

과를 도시한 것이며 Table 1은 각 경우에 대한 해석결과 및 안전계수를 나타낸 것이다. Case 1의 경우는 재료의 허용강도와 비교하여 불안정하며, Case 2, 3의 경우는 최소 안전계수는 약 8 이상의 안정성을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이 해석 결과를 바탕으로 하우징의 두께는 3mm로 결정하였으며, Case 2에 여과필터를 장착하고 해석을 수행한 결과 안전율은 약 8로 안전하다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 프로토타입 제작 및 최종설계

이상의 해석 결과를 바탕으로 설계된 필터 하우징의 치수로 Fig. 9와 같이 하우징의 프로토타입을 제작하고 전체 치수를 검토하였다. 프로토타입은 3D 프린터를 이용하여 제작하였으며, 연결부

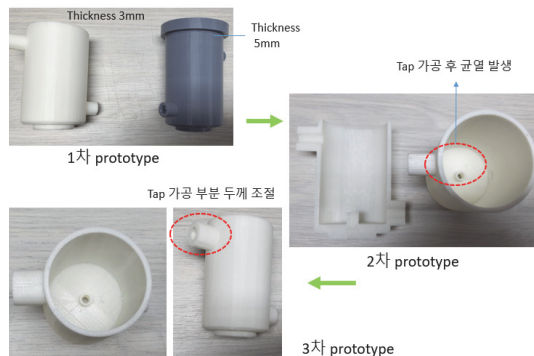


Fig. 9 Prototype of filter housing

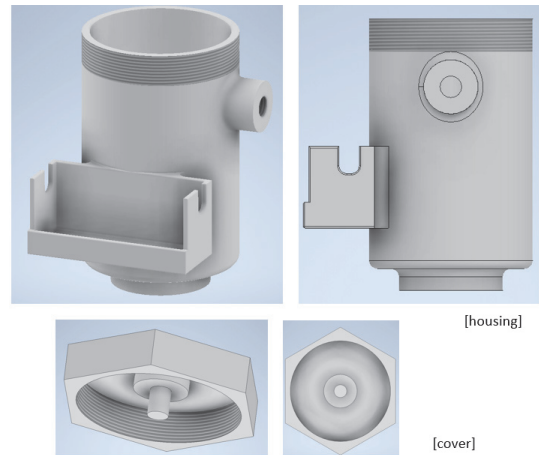


Fig. 10 Final 3D modeling of filter housing

분의 탭 가공 부분까지 고려하여 3번에 걸쳐 제작하였다. 프로토타입 제작 시 최대응력이 발생하는 하우징 커버 및 가공 부분의 두께를 수정하여 Fig. 10과 같이 필터 하우징의 최종 모델링을 완성하였다.

#### 5. 결론

이 연구에서는 수도꼭지에 결합되는 연수장치 내부의 여과필터에 불순물이 쌓인 경우 세척이 가능한 연수장치 개발을 위하여 필터 하우징의 최적 설계를 수행하였다. 필터 하우징의 최적설계를 위

하여 설계압력에 대하여 유동 및 유동-구조해석을 수행하여 하우징의 형상 및 두께를 결정하고, 프로토타입 제작을 통하여 설계 검토를 수행하였다. 유동-구조 연성해석을 통한 안전성 검토를 토대로 하우징 두께는 3mm로 결정하였으며, 수도 배관과 연결되는 연결부분은 최종적으로 6mm로 수정하여 안전성을 확보하였다.

향후 최종 도면을 바탕으로 시제품을 제작하여 필터의 성능 검토 및 세척이 가능한 연수장치에 대한 제품화를 수행할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Jang, S. C. and Choi, D. S., "Analyze the Fluid Inside the Ceramic Filtration Dust Collection System", *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 20, No. 1, pp. 67-73, (2017).
- [2] Chung, J. H., Seo, S. B., Kim, S. M., Ahn, D. G. and Kim J. J., "A Numerical Analysis of Pulse-Jet Cleaning Characteristics for Ceramic Filter System Design", *Journal of Energy Engineering*, Vol. 12, No. 3, pp. 1197-206, (2003).
- [3] Yang, J. S., Kim, B. H. and Park, Y. B., "Flow Analysis of the Tube Type Marine Auto-Back washing Fuel Oil Filter", *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vol. 33, No. 4, pp. 578-587, (2009).
- [4] Lee, B. H. and Park, S. Y., "Development of LPI Vehicle Fuel Filter Housing", *Journal of KAIS*, Vol. 15, No. 2, pp. 653-659, (2014).

(접수: 2021.08.31. 수정: 2021.09.14. 게재확장: 2021.09.17.)

[1] Jang, S. C. and Choi, D. S., "Analyze the Fluid Inside the Ceramic Filtration Dust Collection