

디스포저에 의한 음식물류폐기물 횡지관 유동성 평가

장춘만*[†] · 이상문* · 김철규* · 박세준** · 유종찬**

Liquidity Evaluation on the Horizontal Branch Pipe Connected to a Food Waste Disposer

Choon-Man Jang*[†], Sang-Moon Lee*, Chul-Kyu Kim*, Se-Joon Park**, Jong-Chan Yu**

Key Words : Disposer(디스포저, 주방용 분쇄기), Food Waste(음식물류폐기물), Horizontal Branch Pipe(횡지관), Pipe Blockage(관 막힘), Pipe Flow(관 유동)

ABSTRACT

This paper describes liquidity evaluation on the horizontal branch pipe connected to a food waste disposer and performance of five disposers marketed. Experimental apparatus for analyzing the five disposers has been introduced to measure vibration, sound level and power consumption of the disposers. Simulator for analyzing the required water velocity to avoid waste jam inside the pipe connected to a food waste disposer has been designed and constructed. The simulator can control some experimental parameters: pipe slope, disposer supply water quantity, food waste materials and operation time of a disposer. Throughout the experimental measurements of the disposers marketed, it is found that the time need to crash food waste is about 20 seconds on the average. At the same flow condition, increase rate of internal water velocity is accelerated as the pipe slope increases. The water velocity inside the pipe having 50 A and slope of 1/50 is 0.26 m/s when the water flowrate to supply the disposer is 16 l pm. Considering the specific gravity and adhesion property of food waste, water velocity of the horizontal branch pipe connected to a food waste disposer need to excess 0.26 m/s at least to avoid the waste blockage inside the pipe.

1. 서 론

최근 들어 국민 문화생활 향상과 더불어 각 가정에서 발생 되는 생활폐기물의 효율적인 처리에 대한 니즈가 증가하고 있다. 일반 및 음식물류폐기물로 대별되는 생활폐기물 중에서 음식물류폐기물은 각 가정의 발생원인 주방에서 건물 외부로 배출된 후 일정시간 후에 수거되기에 악취발생 및 도시 미관을 해치는 원인이 된다. 일부 신도시의 대규모 공동주택 단지를 중심으로 이송관을 이용한 생활폐기물 자동집하시설^(1,2)이 설치되고 있지만, 여전히 물기가 많은 음식물류폐기물을 쓰레기 투입구까지 이송하는데 많은 스트레스를 받고 있다.

음식물류폐기물 처리에 대한 해결방안으로 음식물류폐기

물의 발생원인 주방에서 처리 가능한 디스포저(주방용 분쇄기)가 주목을 받고 있다. 디스포저는 미국, 캐나다, 호주, 일본, 영국 등에서 사용되고 있으며, 국내에서도 디스포저 사용에 대한 입법예고 중에 있다.⁽³⁾

디스포저 연결 횡지관을 포함하는 건축물 옥내배관기준이 미국 및 일본에 적용되고 있다.⁽⁴⁾ 서울시에서는 음식물류폐기물의 처리 개선방안으로 디스포저 사용을 검토하였고⁽⁵⁾, 복수의 시범사업을 통하여 횡지관의 관 막힘 현상을 평가하였다.

배우근 등⁽⁶⁾은 디스포저와 연결되는 100 mm PVC관을 대상으로 음식물류폐기물의 관 막힘 평가시험을 통하여 유속에 따른 관 적체특성을 평가하였다. 조재성⁽⁷⁾은 디스포저 설치에 따른 횡지관의 유동 및 배출특성을 실험적으로 분석하

* 한국건설기술연구원 환경·플랜트연구소(Environmental & Plant Engineering Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

** 인하대학교 기계공학과(Department of Mechanical Engineering, Inha University)

† 교신저자, E-mail : jangcm@kict.re.kr

Table 1 Composition of food waste used for a disposer

Composition	Food waste	Weight, g
Grains	Rice	80
Vegetables	Cabbage	40
	Potato	100
	Onion	100
	Radish	10
Fruits	Apple	35
	Orange	35
Meat and fish	Meat	25
	Fish	75
Total		500

였다. 그러나 국내에서 적용하고 있는 횡지관 규격인 50A 관을 적용한 음식물류폐기물의 종류별 관 막힘 특성 및 관 경사도에 대한 연구 자료는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 시판되고 있는 가정용 디스포저의 성능 특성 분석과 함께, 디스포저에 의한 횡지관의 관 막힘 특성을 분석하기 위한 실험용 시뮬레이터를 제작하여 50 A 횡지관의 경사도에 따른 표준 음식물쓰레기의 관 막힘 특성을 분석하였다.

2. 디스포저

디스포저는 주방에 설치하여 음식물류폐기물을 갈아서 배출하는 기기로, 폐기물관리법상 감량분쇄기(고형물의 무게 20%미만 배출) 또는 하수도법상의 음식물분쇄기로 불린다.

2.1 음식물류폐기물 실험 시료

디스포저 성능분석용으로 사용된 음식물류폐기물(음식물쓰레기)는 환경부고시 제 2012-361에서 제시한 표준시료를 사용하였다.⁽⁸⁾ 본 연구에 사용한 표준 음식물류폐기물의 조성 및 무게는 Table 1에 나타난다.

Fig. 1은 실험에 사용한 음식물류폐기물 재료 및 1회 사용량을 나타내며, 각각의 재료는 실험 전 2시간 이내에 구매하여 사용하였다.

2.2 디스포저 운전특성 실험 방법

Fig. 2에 디스포저 성능평가장치를 나타낸다. 디스포저는 맷돌방식, 칼날방식 및 자유 장칼날 방식이 있으며, 용도별로 다양하게 구성하여 제작되고 있다. 본 실험에서 사용한 성능비교용 디스포저는 국내에서 시판되고 있는 국내제품 3종 및 해외제품 2종이다. 개별 디스포저의 성능측정을 위하여, 유량계, 압력계, 진동 측정계 및 전력 분석계를 각각 설



Fig. 1 Food waste materials



Fig. 2 Experimental apparatus of a food waste disposer

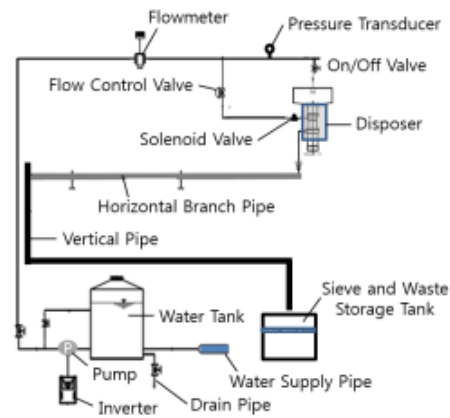


Fig. 3 Layout of the experimental simulator for a horizontal branch pipe connected to a food waste disposer

치하였다. 실험은 음식물류폐기물을 투입하지 않은 무부하 및 부하조건으로 각각 실시하였으며, 디스포저 물 공급량, 운전시간 및 투입 음식물류폐기물 시료 무게는 각각 6 l pm, 60초 및 500 g이다.

3. 횡지관 유동성 측정 방법

3.1 횡지관 유동성 평가 시뮬레이터

디스포저와 주름관으로 연결되는 횡지관에서의 디스포저 사용에 따른 관 막힘 특성을 분석하기 위하여 디스포저 횡지관 관 막힘 특성분석 실험용 시뮬레이터를 제작하였다.

Fig. 3은 실험용 시뮬레이터 구성도를 나타낸다. 주요 구



Fig. 4 Experimental apparatus of the horizontal branch pipe connected to a food waste disposer

Table 2 Experimental conditions of the horizontal branch pipe

Experimental conditions	Range
Flow velocity inside pipe, m/s	0.1 - 0.4
Diameter (inner diameter, mm)	50 A(51)
Water supply time, sec	20
Slope of pipe	0, 1/50, 1/25

성품은 물 공급 장치, 디스포저 유량제어장치 및 횡지관 시험부이다. 디스포저 물 공급 및 공급유량 조절을 위하여 그림에서와 같이 디스포저 측면에 설치된 공급관으로 유량제어밸브 및 솔레노이드밸브를 각각 설치하였다.

디스포저 입구유량조절을 위하여 횡지관 하부에 별도의 물 탱크를 두고, 공급압 조절이 가능하게 인버터가 장착된 물 펌프를 설치하였다. 횡지관을 통과한 물과 분쇄된 음식물쓰레기는 체(sieve)를 통해 저장조로 이송된다.

Fig. 4에 실험용 시뮬레이터 설치사진을 나타낸다. 시험 장치의 전체 높이는 9.8 m이며, 가로 및 세로 길이는 각각 8 m이다. 물 탱크에서 디스포저까지의 배관경은 25 A이며, 횡지관 통과 후의 수직관은 100 A관을 사용하였다. 횡지관의 관 사양 및 실험조건을 Table 2에 나타낸다. 국내 건축기계 설비 표준시방서(국토교통부)에서 규정하는 횡지관은 1/50 구배 이상 및 직경 65 mm 이하의 관을 사용하도록 하고 있다. 본 연구에서는 대부분의 건축물에 적용되는 횡지관 기준 사양인 50 A과 및 1/50구배를 기준으로 채택하였다. 또한 횡지관의 일반적인 설치 길이를 고려하여, 실험용 횡지관의 길이는 4 m로 하였다.

3.2 횡지관 유동성 측정방법

디스포저 사용에 따른 횡지관 막힘의 주요원인으로는 분쇄된 음식물쓰레기의 관 내 이송속도 및 관 구배이다. 횡지관 내에서의 분쇄된 음식물쓰레기의 이송속도를 평가하기 위하여, 디스포저를 통해 관 내부로 공급되는 유량에 따른 관 내부 유속을 실험적으로 평가하였다.

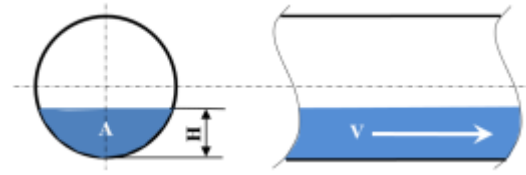


Fig. 5 Definition of the water height and section area for measuring water velocity inside the horizontal branch pipe

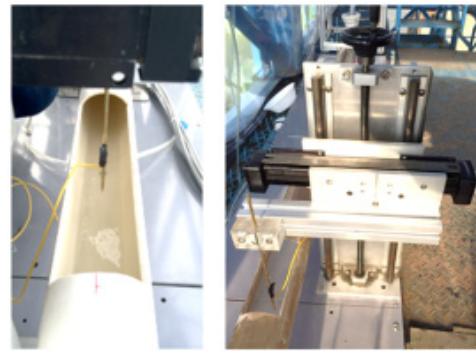


Fig. 6 Two dimensional traverse system for measuring water height

Table 3 Composition of food waste used for a blockage test of the horizontal branch pipe

Composition	Food waste	Weight, g
Grains	Rice	200
Vegetables	Cabbage	150
Fruits	Apple	300
Meat and fish	Meat	200
Total		850

Fig. 5에 관 내부 유속측정에 필요한 물 높이("H") 및 원형관 물 접촉 단면적("A")을 나타낸다. 즉 실험에서 물 높이를 측정하여 다음의 관계식으로 관 내부의 물 흐름속도(V)를 산출한다.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

여기서, Q는 디스포저 공급물의 유량을 나타낸다. 식에서 알 수 있듯이 본 연구에서는 관 단면 접촉면적에 대한 평균 유속으로 물의 흐름속도를 정의한다. 관 내부의 물 높이는 Fig. 6과 같이 2차원 이송장치(traverse)를 이용하여 측정하였다.

3.3 횡지관 유동성 측정용 음식물류폐기물 시료

횡지관 관 막힘 실험에는 Table 1의 환경부 표준 음식물류 폐기물 시료에서 각 그룹별로 1종의 재료를 선정하였으며,

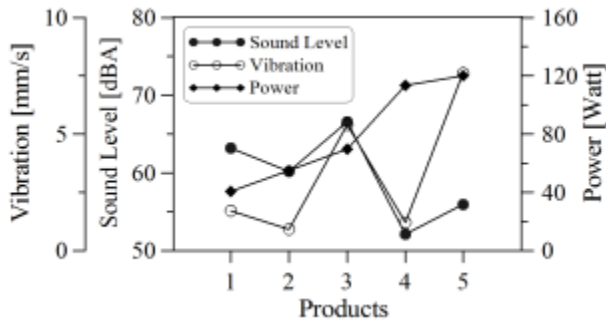


Fig. 7 No-load performance of test disposers

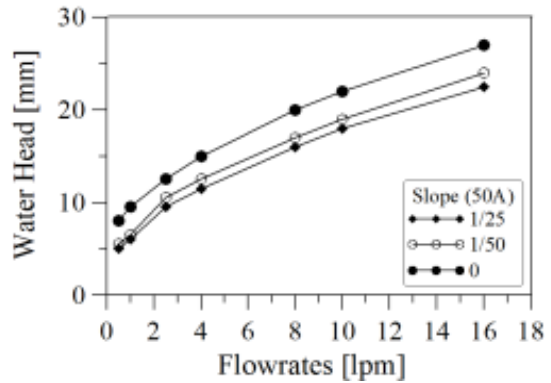


Fig. 9 Water head with respect to flowrates

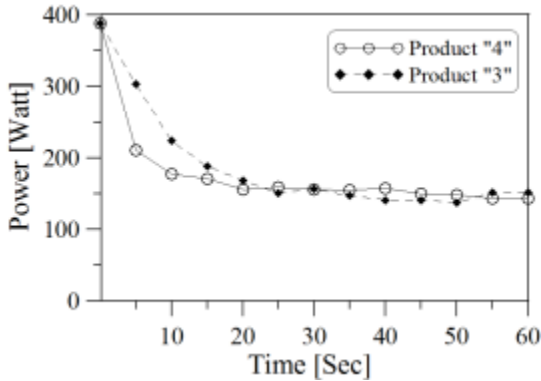


Fig. 8 Supplied power with respect to time for two test disposers

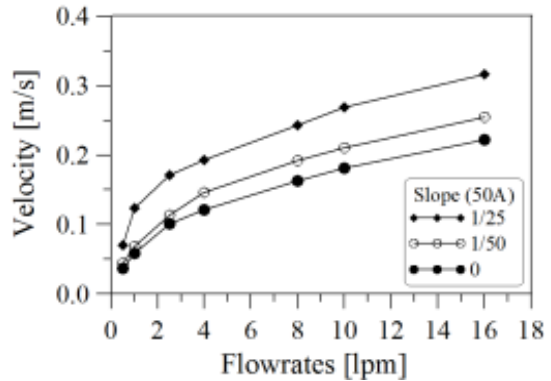


Fig. 10 Water velocity with respect to flowrates

선정된 4종의 음식물류폐기물의 무게는 Table 3과 같다. Table 3에서 각각의 중량은 디스포저 투입구의 크기를 고려한 1회 투입량 기준이다.

4. 결과 및 고찰

4.1 디스포저 운전특성 분석

Fig. 7은 음식물류폐기물을 제외하고, 6 lpm의 물 공급량으로 60초 가동 시의 무부하 디스포저 운전시험 결과를 나타낸다. 국내에 시판되고 있는 5종 디스포저의 진동, 소음 및 소비전력의 성능편차가 크을 알 수 있다. 5종 디스포저의 평균 진동, 소음 및 소비전력은 각각 3.36 mm/s, 59.6 dB(A) 및 79.9 W이다. 디스포저는 분쇄성능과 함께 가정 내에서 사용하기에 가전제품과 같이 소음 및 진동특성이 우수하여야 한다. 소음 및 진동특성을 고려하면, 시료 4번이 상대적으로 우수함을 알 수 있다.

Fig. 8은 Table 1의 표준 음식물류폐기물을 투입하고, 6 lpm의 물 공급량으로 60초 가동시의 두 대의 디스포저 시료에 대한 실시간 소비전력 사용량을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이, 음식물류폐기물의 분쇄 초기에 가장 많은 동력이 사용되며, 시간에 따라 점진적으로 감소하는 경향을 나타낸다. 두 대의 디스포저 모두에서 디스포저 가동 후 20초간은 소비전력이 급격히 감소하다가, 그 이후로는 일정한 소비량

을 나타낸다. 이는 디스포저 내의 음식물류폐기물이 20초 내에 모두 분쇄되었기 때문이다. 타 디스포저에서도 동일한 경향을 보이기에, 본 연구에서는 디스포저에 의한 음식물류폐기물의 분쇄시간을 20초 설정하고 실험을 수행하였다.

4.2 횡지관 유동속도 분석

Fig. 9는 디스포저 공급유량에 대한 50 A 횡지관의 물 높이를 관 구배별로 나타낸다. 동일 유량조건에서는 구배가 낮을수록 물 높이가 크며, 모든 구배조건에서는 유량이 증가할수록 물 높이가 증가함을 알 수 있다. 국내 건축기계설비 표준시방서상의 표준구배인 1/50에서는 최대 실험유량 범위인 16 lpm에서 물 높이가 관 반경(=25.5 mm, 내경기준)보다 낮음을 알 수 있다.

Fig. 10은 디스포저 공급유량에 대한 50 A 횡지관의 관 내부유속(물 흐름속도)을 관 구배별로 나타낸다. Fig. 9의 물 높이와는 반대로 동일 유량조건에서는 구배가 낮을수록 관 내부유속이 작으며, 모든 구배조건에서는 유량이 증가할수록 관 내부유속이 증가함을 알 수 있다. 물 공급 유량이 약 4 lpm 이하에서는 모든 구배조건에서 속도증가 구배가 크며, 그 이후의 유량조건에서는 선형적으로 유량에 따라 유속이 증가한다. 표준구배인 1/50에서는 최대 실험유량 범위인

Table 3 Liquidity of food waste through the horizontal branch pipe

Food waste	Flowrates [lpm]/ Velocity [m/s]						
	4/ 0.15	5/ 0.16	6/ 0.17	14/ 0.24	15/ 0.25	16/ 0.26
Cabbage	●	○	○	○	○	○	○
Apple	●	●	○	○	○	○	○
Meat	●	○	○	○	○	○	○
Rice	●	●	●	●	●	●	○

16 lpm에서 0.26 m/s의 유속을 갖는다. 그림에서와 같이 동일 유량조건에서 관 구배 증가에 따른 내부유속의 증가비율이 상대적으로 커진다. 즉 최대유량인 16 lpm에서 관 구배가 0에서 1/50로 증가하면 내부유속이 18% 증가하지만, 관 구배가 1/50에서 1/25로 증가하면 내부유속이 24% 크게 증가함을 알 수 있다.

4.3 음식물류폐기물 종류별 횡지관 유동특성

디스포저 횡지관 실험용 시뮬레이터를 이용하여, Table 3 과 같이 4종류의 표준 음식물류폐기물을 디스포저 분쇄에 의한 횡지관 유동성 실험을 수행하였다. 50 A 횡지관을 대상으로 디스포저 공급유량을 2 lpm에서 16 lpm까지 변화시키면서 각각의 폐기물에 대한 관 내부 막힘 특성을 평가하였으며, 결과를 Table 3에 나타낸다. 본 실험은 디스포저 예비실험을 통하여 도출된 디스포저 분쇄시간인 20초간 수행한 실험결과이다.

배추와 돼지고기는 디스포저 물 공급량이 4 lpm (=0.15 m/s) 이하에서 부분적인 막힘이 발생된다. 사과의 경우는 물 공급량이 5 lpm (=0.16 m/s) 이하에서 부분적인 막힘이 발생된다. 쌀밥의 경우에는 저유량 조건에서 부분적인 막힘이 발생되나, 16 lpm (=0.26 m/s)에서는 막힘없이 4 m 실험용 횡지관을 흘러감을 확인하였다. 이상에서와 같이 비중이 상대적으로 작은 배추 및 고기류는 저유량 조건에서도 원활히 배출되지만, 비중이 크고 점성이 높은 밥의 경우에는 원활한 횡지관 이송을 위해서 0.26 m/s 이상의 유속이 필요함을 알 수 있었다. 음식물류폐기물 종류별 공급유량 부족에 따른 관 막힘 사진을 Fig. 11에 나타낸다.

디스포저에 의한 횡지관 막힘을 방지하기 위하여, 디스포저 가동 전 및 가동 후에 일정시간 물 공급을 실시하여 관 막힘 특성을 개선하는 연구를 수행하였다.

Fig. 12는 디스포저의 음식물류폐기물 분쇄시간을 20초로 하고, 추가적으로 디스포저 가동 전후에 20초간 물 공급을 하는 운전모드에서 음식물류폐기물 종류에 따른 관 막힘 방지를 위한 유속을 나타낸다. 배추의 경우 횡지관 막힘을 방지하기 위하여 단지 20초간 디스포저 가동 시에는 0.15 m/s 이상의 물 공급이 필요하지만, Fig. 12와 같은 운전모드에서

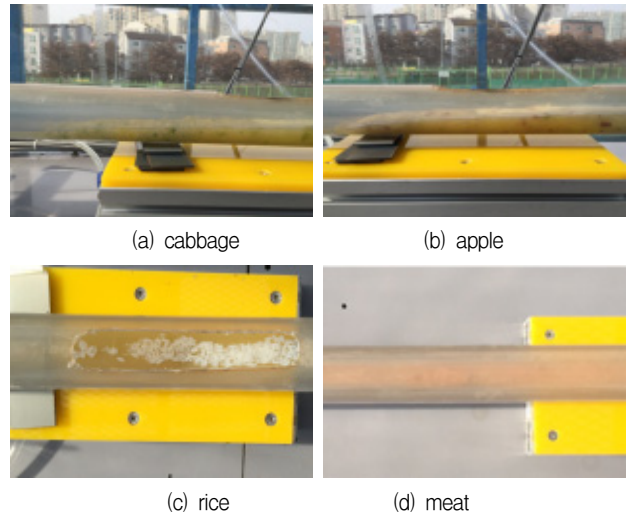
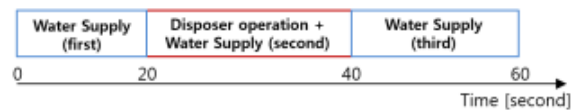


Fig. 11 Picture of blockaged food wastes



(a) time schedule for disposer operation and water supply

	Water Velocity [m/s]			
	0	0.15	0.19	0.22
Cabbage	0.14			
Apple		0.165		
Meat	0.14			
Rice				0.23
Mixed	0.16			

(b) flow conditions according to food waste

Fig. 12 Required water velocity for the selected food wastes

는 0.14 m/s 이상의 물 유속이 요구된다. 그림에서와 같이 디스포저 가동 전후에 물 공급시간을 추가하면, 단순 디스포저 가동 시보다 상대적으로 적은 물 유속에서도 막힘을 방지할 수 있다. 이는 디스포저 가동 후에 남아 있는 일부의 잔류물을 추가 물 공급으로 배출시키기 때문이다. 한편 4종류의 음식물류폐기물을 혼합하여 디스포저 모드운전을 통해 배출 시에는 0.16 m/s의 유속이 필요하다.

6. 결 론

본 연구에서는 시판되는 5종의 가정용 디스포저의 성능특성 분석과, 디스포저에 의한 50 A 횡지관의 관 막힘 평가용 시뮬레이터를 이용하여, 음식물류폐기물 종류, 물공급 유량(유속) 및 관 경사도에 따른 관 막힘 특성을 실험적으로 분석하였다. 이를 통하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- 1) 국내에 시판되고 있는 5종 디스포저의 진동, 소음 및 소비전력의 성능편차가 크며, 평균 진동, 소음 및 소비

- 전력은 각각 3.36 mm/s, 59.6 dB(A) 및 79.9 W임을 알 수 있었다.
- 2) 디스포저 가동 후 20초간 소비전력이 급격히 감소하다가 일정하게 되며, 이를 통하여 디스포저의 음식물류 폐기물 분쇄시간은 평균적으로 약 20초임을 알 수 있었다.
 - 3) 50 A 횡지관의 표준구배인 1/50에서는 최대 실험유량 범위인 16 lpm에서 0.26 m/s의 유속을 갖는다. 동일 유량조건에서 관 구배 증가에 따른 내부유속의 증가비율이 상대적으로 커지며, 최대유량인 16 lpm에서 관 구배가 0에서 1/50로 증가하면 내부유속이 18% 증가하지만, 관 구배가 1/50에서 1/25로 증가하면 내부유속이 24%로 상대적으로 크게 증가함을 알 수 있었다.
 - 4) 비중이 상대적으로 작은 배추 및 고기류는 저유량 조건에서도 원활히 배출되지만, 비중이 크고 점성이 높은 밥의 경우에는 원활한 횡지관 이송을 위해서 0.26 m/s 이상의 유속이 필요함을 알 수 있었다.
 - 5) 디스포저 가동 전후에 20초간 물 공급을 추가하는 운전모드에서는 단지 디스포저 가동 시의 물 공급 유량보다 상대적으로 적은 유량(유속)에서도 관 막힘을 방지할 수 있음을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비 지원

(16AUDP-B083704-03)에 의해 수행되었습니다.

References

- (1) Usón, A. A., Ferreira, G., Vázquez, D. Z., Bribián, I. Z., and Sastresa, E. L., 2013, "Environmental-benefit Analysis of Two Urban Waste Collection Systems," *Science of the Total Environment*, 463-464, pp. 72-77.
- (2) Jang, C. M. and Lee, J. S., 2014, "Operating Characteristics of Serially Connected Centrifugal Blowers Used for Automated Vacuum Waste Collection System," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 17, No. 4, pp. 40~46.
- (3) Press Release of Ministry of Environment, 2014, "Limited Allowance of Food Waste Disposer Since 2016".
- (4) Plumbing Code, 2009, SHASE-S 206.
- (5) You, K. Y., 2009, "Study on the improvement of Food Waste Disposal," Report from Seoul Metropolitan Government.
- (6) Bae, U. G., 2010, "Green Big Deal Project for Energy Production Using Food Waste and Sludge," Report from AETEC.
- (7) Joe, J. S., 2012, "Improved Management for the Treatment of Food Wastes of Army Troops Located in Remote Back Country," Master's Thesis of Kwangwoon University.
- (8) Notice of the Ministry of Environment, 2012, 2012-361.