

## 쓰레기 관로운송 시스템의 운송에너지 손실에 관한 수치해석적 연구

이 종 길, 변 재 기, 최 영 돈<sup>†</sup>, 최 윤<sup>\*\*</sup>, 홍 기 철<sup>\*\*</sup>  
고려대학교 대학원 기계공학과, <sup>\*</sup>고려대학교 기계공학과, <sup>\*\*</sup>현대건설 플랜트사업본부

### Computational Study of Energy Loss in a Pipe of Refuse Collecting System

Jong-Gil Lee, Jae-Ki Byun, Young-Don Choi<sup>†</sup>, Yoon Choi<sup>\*\*</sup>, Ki-Chul Hong<sup>\*\*</sup>

*Graduate student of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea*

*<sup>\*</sup>Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea*

*<sup>\*\*</sup>Plant Division, Hyundai Engineering and Construction, Seoul 110-920, Korea*

*(Received June 14, 2011; revision received November 19, 2011)*

**ABSTRACT:** This paper describes energy loss in a pipe line of refuse collecting system. Analysis of energy loss in a pipe line is the decisive factor in a design of refuse collecting system. Using the results of energy loss analysis, we can determine the power of turbo-blower. The flow characteristics of the pipe line with refuse bags were analyzed by three-dimensional CFD. The refuse bag is modeled by using the shape obtained from profile measurement. Friction factors were calculated with changing the refuse bag size, mixing ratio and Reynolds number. And drag coefficients were calculated using the CFD results. From the results we can calculate energy loss in a pipe line of refuse collecting system and predict the capacity of turbo-blower.

**Key words:** Refuse(쓰레기), Refuse collecting system(쓰레기 관로운송 시스템), Energy loss(에너지 손실), Friction factor(관마찰 계수), Mixing ratio(혼합비)

#### 기 호 설 명

|       |                      |                    |                         |
|-------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| $C_D$ | : 쓰레기봉투의 항력계수        | $P$                | : 압력 [Pa]               |
| $g$   | : 중력상수 [ $m/s^2$ ]   | $f_a$              | : 공기의 관마찰계수             |
| $m$   | : 혼합비                | $f_r$              | : 쓰레기운송의 관마찰계수          |
| $V_o$ | : 공기속도 [ $m/s$ ]     | $G_r$              | : 수송쓰레기 질량속도 [ $kg/s$ ] |
| $V_r$ | : 쓰레기속도 [ $m/s$ ]    | $G_a$              | : 수송공기 질량속도 [ $kg/s$ ]  |
| $D$   | : 관직경 [mm]           | $\gamma_a$         | : 공기의 밀도 [ $kg/m^3$ ]   |
| $L$   | : 관길이 [mm]           | $\Delta P_a$       | : 공기의 압력강하 [Pa]         |
| $L_p$ | : 송풍기 동력 [KW]        | $\Delta P_{total}$ | : 총압력강하 [Pa]            |
| $W$   | : 무게 [kg]            | $Re$               | : 레이놀즈수                 |
| $T$   | : 온도 [ $^{\circ}C$ ] | $t$                | : 시간 [s]                |

#### 그리스 문자

$\epsilon$  : 관의 조도 [mm]

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-3290-3355; fax: +82-2-928-1067

E-mail address: ydchoi@korea.ac.kr

- $\rho_a$  : 공기밀도 [ $\text{kg/m}^3$ ]
- $\rho_r$  : 쓰레기밀도 [ $\text{kg/m}^3$ ]
- $\alpha$  : 공기운송과 쓰레기운송의 압력강하비
- $\mu$  : 점성계수 [ $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$ ]
- $\eta_{ad}$  : 단열효율

**하첨자**

- $i$  : 입구
- $e$  : 출구
- $a$  : 공기
- $o$  : 공기 상대속도
- $r$  : 쓰레기 운송속도

**1. 서 론**

현재까지 발생하는 쓰레기는 가정이나 사업장에서 크기에 따른 전용봉투에 담겨 인력이나 차를 이용하여 수거하고 적환장에서 분류한 후 중간 또는 최종 처리장으로 이동되었다. 하지만 종래 쓰레기 처리방법에서의 환경적, 경제적인 손실을 해소하기 위한 방안으로 쓰레기를 지하에 매설된 관로를 이용하여 이송, 수집하는 쓰레기관로 운송시스템이 스웨덴에서 처음 개발되었고 현재 전세계에 800여개 이상의 시스템이 가동 되고 있다. 우리나라에서는 2000년 용인수지 2지구에 최초의 대규모 쓰레기관로 운송 시스템이 설치되는 것을 시작으로 현재 쓰레기 관로운송 시스템이 신도시 위주로 시공, 가동되고 있다. 쓰레기 관로운송 시스템은 투입된 쓰레기를 일시 저장하는 투입설비, 관로설비, 송풍기와 분리 및 배출기가 있는 중앙 집하장으로 이루어져 있다. 쓰레기 관로운송 시스템의 설계를 위해서는 최장관로 길이, 이송량에 따른 거리별 배관두께, 최대이송 가능 밀도, 이송효율 등 많은 인자들이 필요하지만 그 중 가장 중요시 되는 부분은 송풍기의 용량 결정이다. 송풍기의 용량을 결정하기 위해서는 시스템에 요구되는 적정한 에너지 손실의 계산이 필요하다.

Kim and Jang<sup>(1)</sup>은 쓰레기 투입에 따른 압력손실을 평가하기 위해 쓰레기 관로이송 시스템을 축소 한 관로 시뮬레이터를 제작하여 직관 및 곡관에서 공기의 속도와 쓰레기의 질량유량을 변화 시켜 압력손실을 측정하고 전산해석 결과를 비교하였다. Jang et al.<sup>(2)</sup>은 쓰레기 관로운송 시스템이 현장 설치를 고려하여 설계된 이송관로를 대상으로 거리에

따른 압력손실 특성을 분석하였다. 음식물 쓰레기 형상의 실험 자료를 근거로 모형화하였으며, 실제 쓰레기의 거동을 파악하기 위하여 비정상 해석을 수행하였다. Jang et al.<sup>(3)</sup>은 이송관로, 쓰레기 분리기, 터보 블로어를 모델링하여 관의 조도, 관경, 흐름각 등을 변화시키며 압력손실을 계산하였다.

본 연구에서는 쓰레기 관로이송 시스템에 놓여져 있는 쓰레기 봉투를 모형화하여 봉투의 크기, 혼합비(Mixing ratio), 레이놀즈수의 변화에 따른 관마찰계수, 항력계수를 계산하였고 그 값들을 토대로 적절한 압력강하와 송풍기 동력을 계산하였다.

**2. 관로 운송시스템의 해석**

본 연구에서는 현장 설치를 고려하여 설계된 이송관로를 대상으로 하였으며, 해석 관로의 평면도는 Fig. 1에 나타내었다. 실제 관로에서의 에너지손실 즉, 압력강하와 송풍기 동력을 Fortan Code를 이용하여 계산하였다. 송풍기 동력은 다음 식을 사용하였다.

$$L_p = \frac{k}{k-1} P_i Q_i \left\{ \left( \frac{P_e}{P_i} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\} \frac{1}{6,120 \eta_{ad}} \quad (1)$$

관로는 현재 건설 중인 자동집하시설의 관로를 선정하였으며 전체 관로길이는 1.735 km이고 부가 손실(minor loss)의 합  $\sum k_L$ 은 18.9이다.

**2.1 관로 운송시스템**

본 연구에서는 관로 바닥에 쓰레기봉투가 놓여져 있는 상황을 모사하여 전산해석을 수행하였다. 혼합비를 0에서 1까지 변화시키기 위하여 500 mm 직

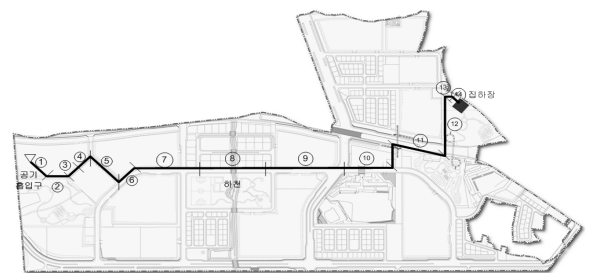


Fig. 1 Plan view of a pipe line of refuse collecting system.

관의 길이를 10  $D_h$ 에서 400  $D_h$ 까지 변화시켰다. 쓰레기봉투는 10 L, 20 L 봉투를 실제 형상을 측정하여 모형화를 구현하였다. 관로의 해석 영역은 Fig. 2에 나타내었다. 관로의 시작 부분부터 쓰레기봉투 영역까지의 길이를  $L_1$ 는 2,400 mm, 쓰레기봉투 영역 길이  $L_2$ 는 600 mm, 나머지 길이  $L_3$ 는 17,000 mm 부터 총 797,000 mm까지이다. 본 해석 영역은 실제의 이송관로의 총길이를 포함하고 있으며, 관로해석을 통하여 관로 하류 측에 설치된 송풍기의 성능을 결정하기 위한 압력강하 특성을 평가한다.

### 2.2 1차원 관로 운송 해석

Fig. 3은 쓰레기봉투에 가해지는 힘의 관계를 나타낸다. 쓰레기봉투에 가해지는 유동항력은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_D = C_D \frac{\rho_a (V_0 - V_r)^2}{2} A_f \quad (2)$$

여기서,  $V_0$ 는 공기의 평균속도,  $V_r$ 은 쓰레기봉투의 운송속도이며,  $A_f$ 는 쓰레기봉투의 전면적이다. 이때 쓰레기봉투의 양력( $F_L$ )을 무시하면 마찰력은  $\mu W_r$ 이 된다. 따라서 쓰레기봉투의 운동역학은

$$\rho_r V_r \frac{dV_r}{dt} = C_D \rho_a \frac{(V_0 - V_r)^2}{2} A_f - \mu A W_r \quad (3)$$

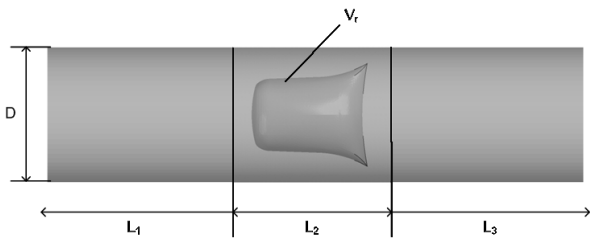


Fig. 2 Computation domain.

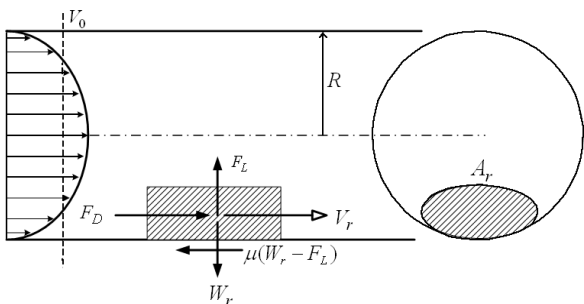


Fig. 3 Forces acting on a refuse bag.

$$\frac{dV_r}{dt} = \frac{C_D \rho_a (V_0 - V_r)^2}{2 \rho_r V_r} A_f - \frac{\mu \rho_r V_r g}{\rho_r V_r} \quad (4)$$

$$\therefore \frac{dV_r}{dt} = \frac{C_D \rho_a (V_0 - V_r)^2}{2 \rho_r V_r} A_f - \mu g \quad (5)$$

이므로 이 식을 적분하여  $V_r$ 의 변화를 계산한다. 만약,  $dV_r/dt = 0$ 이 되어 평형상태에 도달하면

$$\frac{C_D \rho_a (V_0 - V_r)^2}{2 \rho_r V_r} A_f - \mu g = 0 \quad (6)$$

이 되어

$$(V_0 - V_r)^2 = \frac{2 \mu g \rho_r V_r}{C_D \rho_a A_f} \quad (7)$$

$$V_r = V_0 - \sqrt{\frac{2 \mu g \rho_r V_r}{C_D \rho_a A_f}} \quad (8)$$

이 된다.

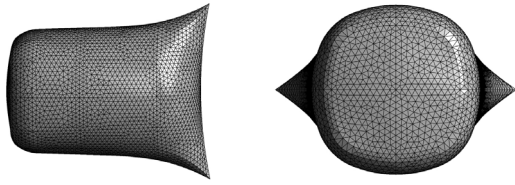
### 2.3 관로 운송의 전산해석

본 연구에서는 쓰레기 이송관로 내에서 유동장 특성과 압력손실을 평가하기 위하여 상용 프로그램인 ANSYS CFX Ver. 11.0<sup>(4)</sup>을 사용하여 전산해석 하였다. 본 수치해석을 위한 물리적 조건과 수치해석 방법은 Table 1에 정리하여 나타내었다.

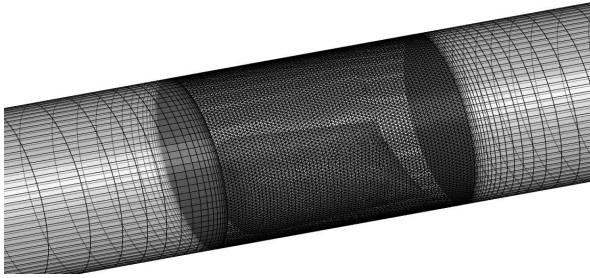
공기의 속도는 공기의 절대속도가 아니고 쓰레기 봉투에 대한 상대속도이므로 그 크기는 5 m/s~25 m/s

Table 1 Physical conditions and computational scheme

| Item              | Details                         |
|-------------------|---------------------------------|
| Relative Velocity | 5~25 [m/s]                      |
| Reynolds number   | 160,000~800,000                 |
| Working Fluid     | Air at 25 [°C]                  |
| Pipe diameter     | 500 [mm]                        |
| Pipe length       | 20,000~800,000 [mm]             |
| Refuse bag size   | 10, 20 [L]                      |
| Density           | 1.185 [kg/m <sup>3</sup> ]      |
| Dynamic viscosity | 1.831×10 <sup>-5</sup> [kg/m·s] |
| Commercial code   | ANSYS CFX Ver. 11.0             |
| Total nodes       | 180,000~1,400,000               |
| Turbulence model  | SST Model                       |



(a) Refuse bag mesh



(b) Pipe mesh

Fig. 4 Computational domain.

사이로 정해지고 해석되며, 쓰레기봉투는 10 L, 20 L로 관 바닥에 닿아 있는 상태에서 수치해석을 수행하였다. 계산격자는 Fig. 4에 나타낸 것과 같이 쓰레기봉투 입구부와 출구부는 O-grid와 6면체 정렬격자를 사용하였고, 봉투부분은 4면체 비정렬 격자를 자동 생성시켰다. 비정렬 격자의 단점을 보완하기 위하여 벽면 부근에 prism 격자를 5단으로 쌓았으며 각 영역은 interface로 연결시켰다. 난류모형은 와점성계수 식에 제한자(limiter)를 사용하면 유동박리 현상 예측을 정확히 할 수 있는 것으로 알려진 SST (Shear Stress Transport) 모델을 사용하였고 입구조건을 구하기 위하여 따로 45 Dh의 직관을 해석하여 완전 발달된 유동장을 확보하고 이를 입구조건으로 본 해석을 수행함으로써 입구직관부가 짧은 단점을 보완하였다. 해의 수렴조건은 전 변수에 대해 잔차(residual)의 제곱평균(RMS; Root Mean Square) 값이 10<sup>-5</sup>이하를 조건으로 설정하였다.

2.4 혼합비와 관마찰계수 계산

2.4.1 혼합비(Mixing ratio)

쓰레기봉투를 초당 α개 투입된다고 하면 해석 영역은 Fig. 5와 같이 나타낼 수 있고 쓰레기 간의 거리를 Vr/α가 된다. Vr/α = L이라고 하고 혼합비를 구하면 다음과 같다.

혼합비(Mixing ratio)는 공기의 질량유량에 대한 쓰레기의 질량유량의 비율로 다음식으로 정의된다.

$$m = \frac{G_r}{G_a} = \frac{\rho_r V_r \alpha}{\rho_a \pi R^2 V_r} = \frac{\rho_r V_r}{\rho_a \pi R^2 L} \tag{9}$$

G<sub>r</sub> : 수송쓰레기 질량속도

G<sub>a</sub> : 수송공기 중 질량속도

여기서, G<sub>a</sub>는

$$G_a = \frac{\pi}{4} D^2 V_a \gamma_a \tag{10}$$

로 구해지며 γ<sub>a</sub>는 공기의 비중량이다.

2.4.2 관마찰계수(Friction factor)

Fig. 6은 정지해 있는 쓰레기봉투에 공기 이송속도와 쓰레기봉투의 이송속도를 뺀 상대속도가 가해지고 있는 상황을 나타낸다. 공기속도가 V<sub>0</sub>이고, 쓰레기봉투의 속도가 V<sub>r</sub>인 관에서의 운동량 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= f_a \frac{L}{D} \frac{V_0^2}{2} + f_r \frac{L}{D} \frac{(V_0 - V_r)^2}{2} \\ &= [f_a + f_r \frac{(1 - \frac{V_r}{V_0})^2}{2}] \frac{V_0^2}{2} \frac{L}{D} \end{aligned} \tag{11}$$

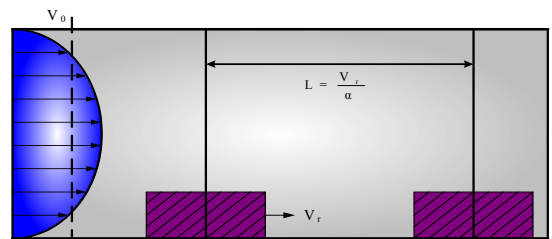


Fig. 5 Distance between two refuse bag.

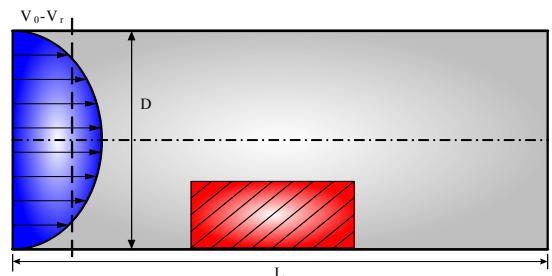


Fig. 6 Refuse bag in a pipe.

여기서,  $f_a$ 는 공기만 흐를 때의 관마찰계수,  $f_r$ 은 쓰레기만 이송될 때 관마찰계수이다.

$f_a$ 는

$$Re_a = \frac{V_0 D \rho_a}{\mu} \quad (12)$$

$f_r$ 은

$$Re_r = \frac{(V_0 - V_r) D \rho_a}{\mu} \quad (13)$$

의 함수이다.

$f_r$ 을 위해서 에너지 방정식으로 다시 쓰면

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P_{total}}{\rho} - \frac{\Delta P_a}{\rho} &= \frac{\Delta P_{total}}{\rho} - f_a \frac{L}{D} \frac{(V_0 - V_r)^2}{2} \\ &= f_r \frac{L}{D} \frac{(V_0 - V_r)^2}{2} \end{aligned} \quad (14)$$

이므로

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{\frac{\Delta P_{total}}{\rho} - f_a \frac{L}{D} \frac{(V_0 - V_r)^2}{2}}{\frac{L}{D} \frac{(V_0 - V_r)^2}{2}} \\ &= \frac{\frac{\Delta P_{total}}{\rho}}{\frac{L}{D} \frac{(V_0 - V_r)^2}{2}} - f_a \end{aligned} \quad (15)$$

이 된다.

$\frac{\Delta P_{total}}{\rho}$ 는  $L$ 에 따라서 변화하므로 혼합비는  $m$ 의 함수이다. 그러므로  $f_r$ 은  $m$ 과  $Re_r$ 의 함수이다.

### 3. 해석 결과에 대한 고찰

#### 3.1 수치해석 타당성 평가

본 수치해석 타당성을 검증하기 위하여  $100 D_h$ 의 관을 대상으로 순수 공기만이 관로를 통해 이송될 때 입구 출구부에서의 압력손실 값으로 관마찰계수 (Friction factor)를 구하고 Colebrook<sup>(5)</sup> 관계식에 의

한 마찰계수 값과 비교하였다. 공기의 속도는  $5 \text{ m/s} \sim 25 \text{ m/s}$ 로 변화시키면서 계산하였다.

Fig. 7은 수치해석 결과에 의한 관마찰계수와 식 (16)에 의한 관마찰계수 값을 비교하여 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 수치해석 결과와 Colebrook<sup>(5)</sup> 식에 의한 관마찰계수 값이 잘 일치함을 알 수 있다. Colebrook<sup>(5)</sup> 관계식은 다음과 같다.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left( \frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (16)$$

#### 3.2 관마찰계수 계산 결과

식(16)에서 알 수 있듯이 혼합비와 공기이송 속도에 따라서 관마찰계수의 값이 달라지며 이 값은 쓰레기 관로이송 시스템의 중요한 설계요소이다.

본 연구에서는 쓰레기봉투 크기  $10 L, 20 L$ 에 대하여 레이놀즈수  $160,000, 320,000, 480,000, 640,000, 800,000$ 으로 변화시키고 혼합비는  $0 \sim 0.86$ 까지 변화시키며 계산한 관마찰계수 계산결과인 Fig. 8에서 알 수 있듯이 레이놀즈수에 대해 혼합비가 증가할수록 관마찰계수도 선형적으로 증가하였다. 하지만 동일한 레이놀즈수에서 혼합비에 따른 관마찰계수의 변화는 혼합비가 약 0.2부근에서 기울기가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 혼합비가 0에서 0.2까지 구간은 쓰레기봉투  $10 L, 20 L$ 의 경우 모두 기울기가 일치하였으며 0.2이상인 구간에서는 쓰레기봉투의 크기가 작아질수록 기울기도 작아짐을 알 수 있다. 즉 쓰레기 간의 거리가 아주 멀 때는 쓰레기봉

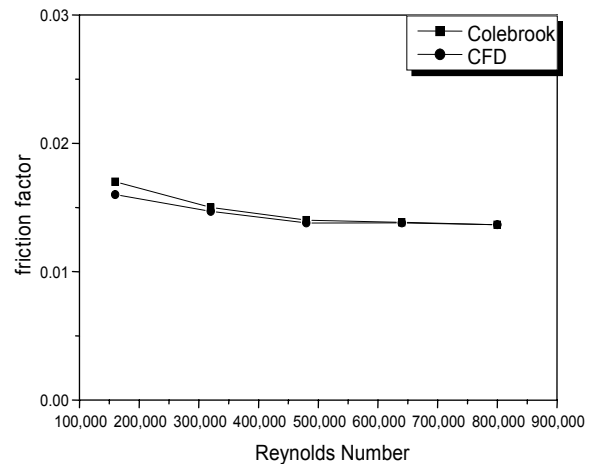
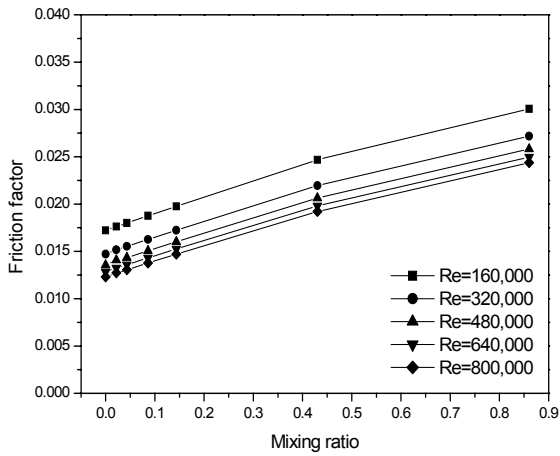
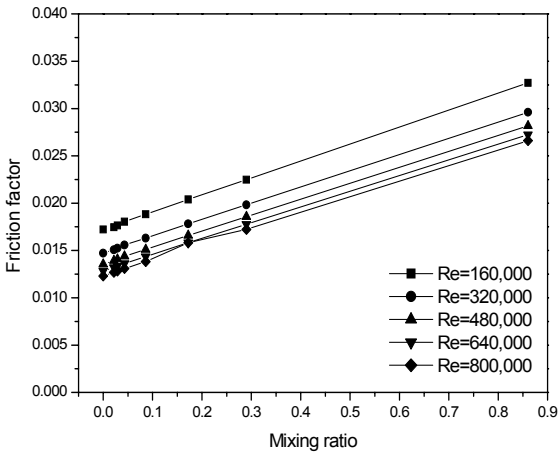


Fig. 7 Comparison of CFD results and Colebrook correlation.



(a) Refuse bag, 10 L



(b) Refuse bag, 20 L

Fig. 8 Comparison of friction factor with respect to mixing ratio.

투의 크기가 관마찰계수에 큰 영향을 미치지 못하지만 쓰레기 간의 거리가 가까울 경우 관마찰계수는 쓰레기봉투의 크기의 영향을 받으며 크기가 클수록 관마찰계수가 크고 더 큰 송풍기 동력이 필요함을 알 수 있다.

**3.3 항력계수 비교**

본 해석에서의 입구조건은 공기 이송속도에서 쓰레기봉투 이송속도를 뺀 상대속도로 주어지므로 쓰레기봉투 속도를 알기 위해서 식(17)을 통해 계산된다. 식(18)에서 쓰레기봉투의 속도는 쓰레기봉투가 받는 항력계수의 함수이므로 관에서의 상대공기속도가 5 m/s~25 m/s로 볼 때의 항력을 계산하여 식(18)을 통해 항력계수를 계산하였다.

$$V_r = V_0 - \sqrt{\frac{2\mu g \rho_r V_r}{C_D \rho_a A_f}} \tag{17}$$

$$F_D = C_D \frac{\rho_a (V_0 - V_r)^2}{2} A_f \tag{18}$$

Fig. 9는 쓰레기봉투 10 L와 쓰레기봉투 20 L의 공기이송속도에서 쓰레기봉투의 속도를 뺀 상대속도에 따른 항력계수를 비교하여 나타낸 결과이다. 쓰레기봉투 10 L, 20 L의 경우 상대속도가 커질수록 항력계수는 비선형적으로 낮아지는 경향을 보이고, 또한 쓰레기봉투의 크기가 작을수록 항력계수가 작아지는 것을 알 수 있었다.

**3.4 혼합비 변화에 따른 압력변화와 송풍기 동력 계산**

Fig. 10~Fig. 11은 쓰레기봉투 크기와 혼합비 변화에 따라서 송풍기 동력과 압력 강하비 변화를 비교하여 나타낸 그림이다. 쓰레기봉투 20 L의 경우 공기속도가 빠를수록 압력강하비가 크게 발생하며 동일한 속도에서는 혼합비가 커질수록 압력강하비가 크게 발생하였다. 공기속도 20 m/s일 때 혼합비 변화에 따른 압력강하 차이는 거의 없었지만 속도가 증가할수록 그 차이는 조금씩 커짐을 알 수 있다. 또한, 쓰레기봉투 10 L의 경우도 혼합비가 커질수록 압력강하가 크게 나타났으며 송풍기 동력도 증가되었다. 하지만 20 L와 비교했을 경우 속도가 증가할수록 혼합비에 따른 압력강하 차이와 송풍기 동력 차이가 증가하는 정도가 작음을 알 수 있다. 이는 같은 혼합비일 때 쓰레기봉투의 크기를 작게 할수록 송풍기동력 측면에서 유리함을 타나낸다. 쓰

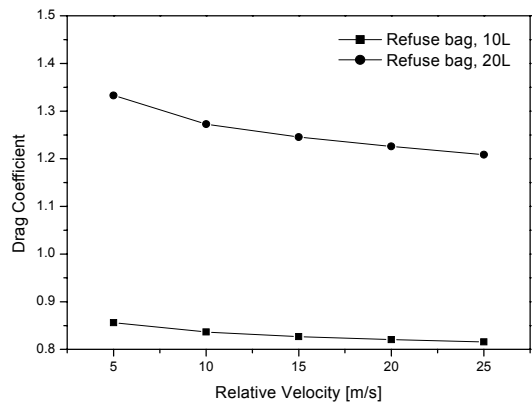
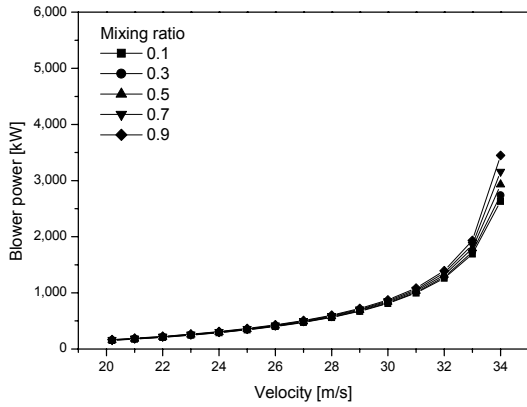
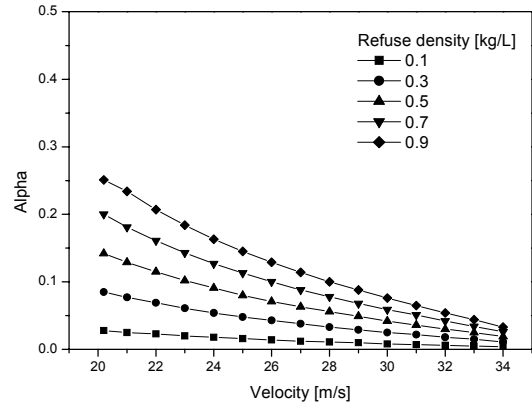


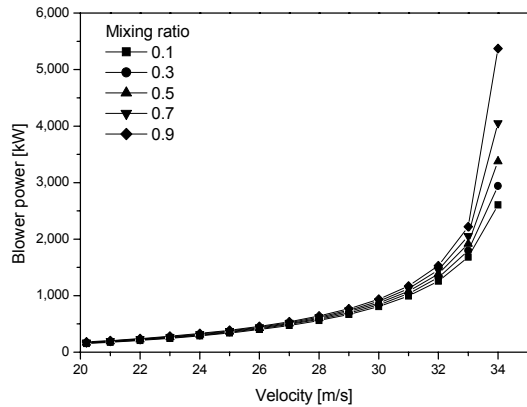
Fig. 9 Comparison of drag coefficient in accordance with relative velocity.



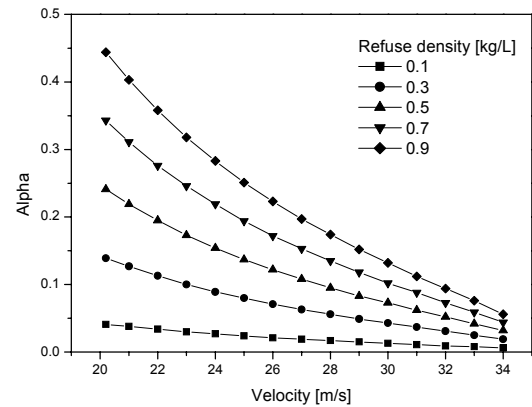
(a) refuse bag, 10 L



(a) refuse bag, 10 L



(b) refuse bag, 20 L



(b) refuse bag, 20 L

Fig. 10 Comparison of blowing power.

Fig. 11 Comparison of pressure drop rate.

레기봉투가 20 L에 비해 10 L의 경우 압력강하는 최대 6.5%, 송풍기 동력은 최대 2% 정도 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.5 밀도변화에 따른 압력강하 계산

압력강하비  $\alpha$ 는 현재 명확한 기준이 없이 경험적으로 결정된다. 따라서 본 연구의 계산 결과  $\alpha$ 값을 확인해보는 것은 매우 중요한 가치를 가진다. 식 (19)에서 압력강하비  $\alpha$ 는 레이놀즈수, 쓰레기 밀도, 쓰레기봉투 크기 등에 관한 함수이다. 결국 식(20)에서 알 수 있듯이 쓰레기봉투의 부피, 쓰레기밀도에 비례하고 공기속도, 항력계수, 공기밀도, 봉투의 전면적에 반비례함을 알 수 있다.

$$\alpha = \frac{f_r \left(1 - \frac{V_r}{V_0}\right)^2}{2f_a m} \quad (19)$$

$$= \frac{f_r \mu g \rho_r V_r}{m f_a V_0^2 C_D \rho_a A_f} \quad (20)$$

Fig. 11은 쓰레기봉투의 크기가 10 L, 20 L일 때 속도와 밀도의 변화에 따른 압력강하비를 나타낸 것이다. 공기속도가 증가하고 밀도가 적으며 쓰레기봉투 크기가 작을수록  $\alpha$ 는 낮게 나타났다. 즉,  $\alpha$ 를 낮게 할수록 쓰레기 이송에 유리함을 알 수 있다. 속도가 증가할수록 밀도에 따른  $\alpha$ 는 차이가 작아짐을 알 수 있는데 20 L, 20 m/s일 때 쓰레기 밀도는 0.1 kg/L와 0.9 kg/L일 때  $\alpha$ 의 차이는 0.4인 반면 34 m/s일 경우 0.05까지 감소하였다. 또한 10 L일 경우 0.22에서 0.029까지 감소하는 결과를 확인할 수 있었다.

### 4. 결 론

쓰레기 관로운송 시스템에서 기본적인 이송관로의

형상인 직관에 대해서 쓰레기봉투 크기를 변화시키며 통하여 쓰레기가 이송될 때의 압력손실 특성을 관로 수치해석을 통해 분석하여 다음의 결론을 얻었다.

(1) 쓰레기봉투의 크기가 10 L에서 20 L로 증가함에 따라 항력계수가 크게 증가하였다.

(2) 공기의 속도가 작을 때에는 혼합비가 송풍기 동력에 영향을 미치지 않으나 공기속도가 커지면 영향을 미친다. 혼합비가 클수록 같은 공기속도에서 송풍기동력은 커지며 쓰레기봉투의 크기가 클수록 혼합비의 영향이 커진다.

(3) 공기속도가 작을수록 공기 운송에 대한 쓰레기 운송의 압력 강하비는 커지고 쓰레기의 밀도가 커질수록 커지며, 압력 강하비는 쓰레기봉투의 크기가 20 L일 경우가 10 L일 경우 보다 쓰레기밀도에 더 큰 영향을 받는다.

## 후 기

본 연구는 (주)현대건설의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Kim, D. W. and Jang., C. M., 2007, Evaluation of Pressure Drop in a Circular Pipe of Refuse Collecting System, Proceedings of the KSME, pp. 1185-1190.
2. Jang, C. M., Lee., S. Y., and Suh., S. H., 2007, Pressure Drop in a Circular Pipe of WASTE Collection Piping System, Korean Fluid Machinery Association, Vol. 10, No. 4, pp. 55-60.
3. Jang, C. M., Lee., S. Y., Suh., S. H., and Oh, Y. T., 2006, Analysis of Internal Flow Characteristics in a Circular Pipe of Waste Collection Piping System Using Numerical Simulation, Proceedings of The Fourth National Congress on Fluids Engineering, pp. 743-746.
4. ANSYS Inc, CFX-11.0 Solver theory, 2007.
5. Çengel, Y. A. and Cimbala., J. M., 2006, Fluid Mechanics Fundamentals and Applications, McGraw-Hill International Edition.