

흙먼지 분리기 용이한 원형베일 세절 조사료의 사이클론 이송장치 개발

하유신 권진경 박경규

Development of Cyclone Conveying System for Transporting Chopped Round Bale Roughage and Separating Dust

Y. S. Ha J. K. Kwon K. K. Park

Abstract

This study developed the cyclone conveying system using roughage cutter for the round bale reported in the previous papers. Performance tests were conducted whether it can easily separate dust from roughage such as rice straws and it can transport roughages from cutter to TMR mixer. In addition, the airflow patterns in the cyclone conveying system were investigated using CFD code (FLUENT 6.2) for various velocities of dust collection fan. The cyclone conveying system was designed based on dried rice straws with a diameter of 1,340 mm, a cylinder length of 1,220 mm, a cone length of 850 mm and the current velocity of the dust collection fan was 15~20 m/s. It was found that transporting of roughage from cutter to TMR mixer and the separation of dust were satisfactory, and the dust removal rate of rice straws was around 31.9%. CFD analysis showed that, at the blowing fan velocity of 11.6 m/s, the airflow velocity inside the dust collector increased as velocity of the dust collection fan increased, but the airflow patterns inside the dust collector were all much the same.

Keywords : Cyclone, Conveyor, Round bale roughage, Dust, CFD analysis

1. 서론

국내 조사료 시장은 맥류 랩사일리지, 생볏짚 랩사일리지, 마른볏짚 등 원형베일 형태로 생산과 공급이 확대되고 있지만, 무게가 300~600 kg 내외로 단단하게 다져진 상태이기 때문에 이용에 있어서 문제점이 있다. 특히 개별 농가 또는 TMR(total mixed rations) 배합소에서 TMR 사료 제조시 원형베일 조사료를 다시 풀어서 TMR 배합기에 적정량을 투입하기 어렵기 때문에 주로 전용의 세절기를 이용하여 일정한 길이로 잘게 자르고 있다.

국내에 보급된 원형베일 세절기는 대부분 작두의 원리를 이용한 방식(Gemelli, 1985; Park, 2003a)으로 작두형 날을

유압으로 구동시켜 원형베일을 원주방향 또는 길이방향으로 절단하는 구조이다. 논바닥에 깔려있는 맥류, 볏짚 등의 조사료를 원형베일러(round baler)로 수거하기 때문에 상당량의 흙덩어리와 이물질이 혼입되는데, 이 방식에서는 이들이 분리되지 못하고 그대로 급여가 된다. 이것은 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급여시 소의 위점막 용탈 사이에 흙먼지의 침적으로 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생과 생산성 저하 등을 일으킬 수 있다(Ha et al., 2009a).

회전식(Trioliet, 1984; Lucas and Retaillaud, 2001; Yu et al., 2002)의 경우는 세절 작업시 세절과 동시에 타격이 일어나고 원심식 배출기에서 발생하는 강한 바람을 통하여 세절

This study was supported financially by the Agricultural R&D Promotion Center (ARPC). The article was submitted for publication on 2011-05-31, reviewed on 2011-06-09, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2011-06-14. The authors are Yu Shin Ha, KSAM member, Researcher, Kyungpook National University, Jin Kyung Kwon, KSAM member, Researcher, National Academy of Agricultural Science, and Kyung Kyoo Park, KSAM member, Professor, Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University. Corresponding author: K. K. Park, Professor, Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea; Fax: +81-53-950-6780; E-mail: <kkpark@knu.ac.kr>.

조사료와 흙먼지가 동시에 배출되는 구조이다. 그 중 선행연구(Park 2003b; Hong et al., 2007; Ha et al., 2009a; Ha et al., 2009b; Ha et al., 2010)에서 국내 조사료 여건에 적합한 구조로 개발된 회전식의 원형베일 세절기는 고정날과 회전날에서 일정 두께로 원형베일이 풀어지면서 세절되고, 세절된 조사료는 송풍팬에 의해 배출을 위한 원심력을 받은 후 송출되며, 최대 15 m까지 세절된 조사료를 날려 보낼 수 있는 구조로 되어 있다. 그러나, 강한 바람으로 송출되기 때문에 특히 마른벼짚의 경우는 무게가 가벼워서 비산이 잘되어 TMR 배합시에 배합기로의 이송이 원활하지 않으며, 소나 작업자가 흙먼지에 상당히 노출된다(Ha et al., 2009a).

따라서 본 연구에서는 원형베일 조사료의 이용의 문제점을 개선하기 위하여, 선행연구에서 개발된 원형베일 세절기를 이용하여 흙먼지와 동시에 배출된 벚짚 등의 세절된 조사료를 용이하게 분리해 낼 수 있고, TMR 배합시에 배합기로 원활하게 이송시킬 수 있는 장치를 개발하는데 있다. 또한 개발된 사이클론 이송장치에 대한 전산유체역학(Computational fluid dynamics, CFD) 해석을 실시하여 내부의 유동에 대한 분석을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 선행연구에서 개발된 원형베일 세절기에서 송출되는 바람으로부터 흙먼지 제거와 배합기 상부에 투입이 용이한 구조인 사이클론 방식을 적용하였으며 개발을 위한 방법은 다음과 같다.

1. 원형베일 세절기의 풍속 측정 후 사이클론 치수 결정
2. 세절 조사료와 흙먼지 분리시험을 통한 집진팬 선정
3. 사이클론 이송장치 설계 및 제작
4. 사이클론 이송장치 성능 시험
5. CFD 해석을 통한 사이클론 내부 유동 검증

가. 원형베일 세절기의 풍속측정

풍량이 결정되면 표준형식의 사이클론의 치수를 결정할 수 있기 때문에 세절기의 송풍팬에 의해 발생하는 풍속을 먼저 실험을 통하여 구한 후 결정하였다. 풍속측정은 그림 1의 개략도와 같이 200 mm의 정류관을 350×350×1,000 mm의 덕트에 삽입시킨 후 세절기 배출구와 연결시켰다. 그림 2와 같이 베인형(vane type) 풍속계(Testo 400, Testo AG, Lenzkirch, Germany)를 이용하여 반복 측정하여 9점 평균값으로 풍속을 측정하고 풍량을 계산 후 사이클론의 치수를 산정하였다(Wang, 2004). 이때, 트랙터 P.T.O.의 회전수는 540 rpm으로 맞춘 후 세절기의 송풍팬의 회전속도를 저속(250 rpm)과 고속(540 rpm) 모드로 조절하였다.

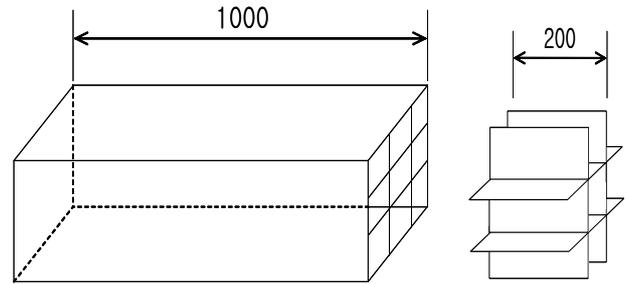


Fig. 1 Duct structure for testing wind velocity (unit : mm).



Fig. 2 Measurement of wind velocity.

나. 세절 조사료와 흙먼지의 분리시험

함수율이 낮은 마른벼짚 원형베일의 경우는 세절기 송풍팬의 회전속도가 저속(250 rpm)에서 세절작업이 가능하며 함수율이 높은 원형베일 조사료는 고속(540 rpm)에서 세절작업이 가능한데(Hong et al., 2007), 고속에서 측정된 풍속을 기준으로 사이클론 치수에 적합한 집진팬을 선정하였다(Briggs et al., 1971). 또한, 인버터(CIMR-47P5G3, Samsung, Suwon, Korea)를 이용하여 집진팬의 회전속도를 조절하면서 세절 조사료와 흙먼지가 분리되는 적정 회전수를 측정하였다.

다. 사이클론식 이송장치의 설계

원형베일 세절기의 풍속측정과 세절 조사료와 흙먼지의 분리시험에서 측정된 자료를 기준으로 사이클론 이송장치를 설계하였으며, 공정도를 그림 3에 나타내었다. 사이클론 이송장치는 크게 세절기에서 세절된 조사료와 사이클론 사이의 이송관로, 조사료와 흙먼지를 분리하는 사이클론, 흙먼지를 집진하는 집진관로, 집진팬으로 구성된다. 사이클론은 원통부와 원뿔부로 구성되며 세절 조사료가 이송관로를 따라 사이클론의 원통부 측벽으로부터 접선 방향으로 공급되어 원통 내벽을 따라 선회하면서 하강하여 원뿔부로 들어가 계속 선회하강해서 밑부분에 도달한 뒤 배합기로 투입이 되도록 하였다. 이송관로는 관로손실을 최소화하기 위하여 세절기 배

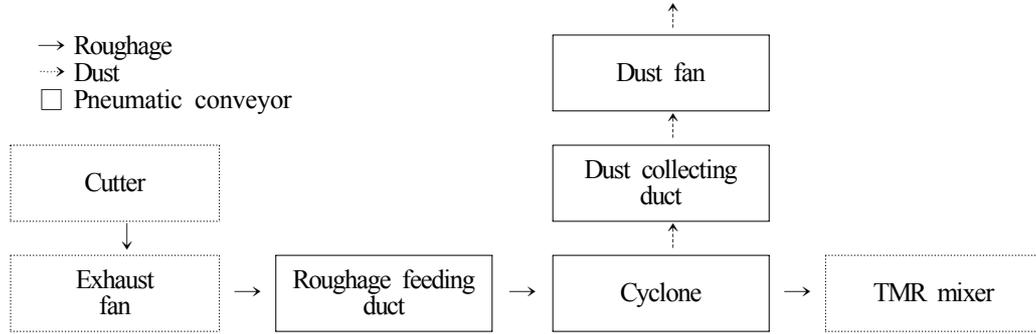


Fig. 3 Process block diagram in the pneumatic conveyor.

출구와 사이클론의 입구를 수평으로 유지하고 관로길이를 최소화하였다. 조사료 속에 함유된 흙먼지는 집진판로의 집진 팬에 의하여 사이클론 중심부에서 반전하여 선회상승해서 외부에 포집되도록 설계하였다.

라. 사이클론식 이송장치의 성능시험

제작된 사이클론 이송장치의 성능시험은 크게 세절 조사료의 이송과 세절 조사료와 흙먼지의 분리 능력을 측정하기 위하여 육안법과 탁도법으로 나누어 시험하였다.

육안법은 이송덕트 및 사이클론의 점검창을 통하여 세절 조사료의 TMR 배합기로의 이송을 확인하고, 집진팬의 회전 수 조정으로 세절벧질의 비산 없는 흙먼지제거를 육안으로 확인하였다. 탁도법은 표준시험방법 2130B를 사용하였다 (AWWA, 2005). 시료의 전처리에는 세절 전의 조사료와 세절 후 배합기에 투입된 조사료 2 g와 증류수 200 mL를 정확히 비이커에 넣고 약 20분 동안 교반하였다. 교반된 용출액을 채취한 후 탁도계(2100N, Hach, Colorado, USA)를 이용하여 네펠로법-혼탁도-단위(nephelometry turbidity unit: NTU)로 세절 전, 후의 시료 3점에 대해 3반복으로 측정하였다.

마. 수송방정식 및 수치해법

사이클론 이송장치 내부의 공기는 정상상태, 비압축성, 3차원 난류로 가정하였으며, 난류모델은 유선방향의 급격한 변화가 있는 스윙 유동 등의 해석에 적합한 7방정식 모델인 Reynolds stress model(RSM)을 채택하였다. 위의 가정에 기초하여 본 수치해석에 적용된 시간평균 Navier-Stokes 방정식과 레이놀즈응력 수송방정식을 텐서형식으로 나타내면 아래와 같다.

$$\frac{\partial U_j}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (U_i U_j)}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \overline{u_i u_j} \right) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} U_k \frac{\partial \overline{u_i u_j}}{\partial x_k} = & -\frac{\partial}{\partial x_k} \left[\overline{u_i u_j u_k} + \frac{p}{\rho} (\delta_{kj} u_i + \delta_{ik} u_j) \right] \\ & + \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\nu \frac{\partial (\overline{u_i u_j})}{\partial x_k} \right] - \left(\overline{u_i u_k} \frac{\partial U_j}{\partial x_k} + \overline{u_j u_k} \frac{\partial U_i}{\partial x_k} \right) \\ & + \frac{p}{\rho} \left[\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right] - 2\nu \frac{\partial u_i}{\partial x_k} \frac{\partial u_j}{\partial x_k} \end{aligned} \quad (3)$$

- Where, U : Average velocity (m/s)
- ρ : Density (kg/m³)
- P : Pressure (Pa)
- ν : Coefficient of kinematic viscosity (m²/s)
- $\overline{u_i u_j}$: Reynolds' stress tensor

식 (3) 우변의 첫 번째 항인 난류확산항, 네 번째의 pressure strain 항, 다섯 번째의 소산항은 기존의 실험식 또는 이론식에 기초하여 모델링되며, RSM 난류모델에 대한 상세한 내용은 FLUENT v6.2(FLUENT Inc., New Hampshire, USA)에 잘 나타나 있다(FLUENT, 2005). 계산격자는 비정렬 사면체 격자를 적용하였으며 개수는 격자의존성을 검토하여 약 45만개로 하였다. 벽면 근처의 유동 계산에는 표준 벽함수를 적용하였으며, 연속방정식에 나타나는 압력수정식에는 SIMPLE 알고리즘을 적용하였다. 수송방정식의 이산화는 압력항은 Second order scheme을, 나머지 항들의 이산화에는 Second order upwind scheme을 적용하였다. 해의 수렴은 반복계산에 따른 무차원 잔차가 10⁻³ 이하이면 수렴한 것으로 보았으며, 반복계산의 진행에 따른 사이클론 원뿔부 하부의 유속변화와 유동장 입·출구의 질량유량 평형을 모니터링하여 해의 안정성과 보존칙의 만족 여부를 각각 확인하였다.

본 CFD 시뮬레이션의 해석대상인 사이클론 이송장치의 개략도와 해석에 적용된 경계조건을 그림 4에 나타내었다. 세절기에서 사이클론 이송장치로 유입되는 공기유속은 송풍팬의 회전속도가 저속(250 rpm)일 때를 기준으로 한 11.6 m/s이며, 배합기와 연결된 사이클론의 원뿔부 하부는 대기압 경계조건을 주었다. 집진팬에 의해 흡기되는 공기유속은 10,

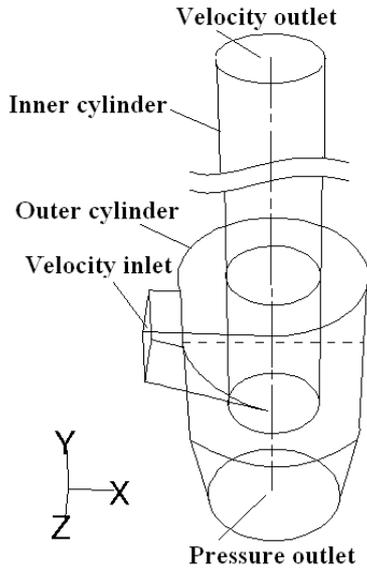


Fig. 4 Schematics of the computational geometry and boundary conditions.

15, 20, 25 m/s의 네 가지를 대상으로 하였으며 각각의 경우에 대해 사이클론 내부의 유동해석을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

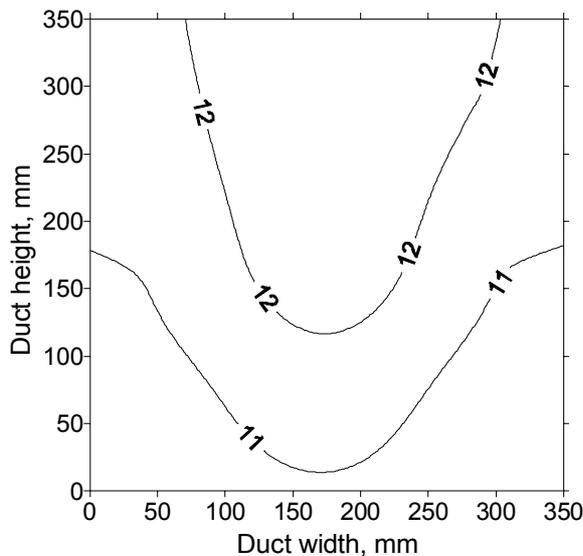
가. 사이클론식 이송장치의 설계 및 제작

원형베일 세정기 배출구에서 측정된 풍속을 이용하여 덕트 내 속도 분포도를 그림 5에 나타내었다. 저속일 경우 평균풍속은 11.6 m/s로서 평균풍량이 1.4 m³/s로 산출되었으며, 고

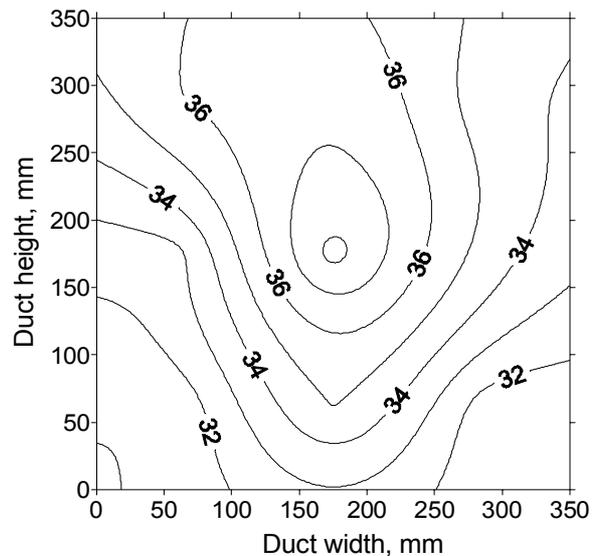
속일 경우는 평균풍속이 34.5 m/s로서 평균풍량이 4.2 m³/s로 산출되었다. 덕트 내에서 중앙부가 가장 풍속이 크고, 상단부보다 하단부의 가장자리가 풍속이 작게 나타났다. 따라서 표준형 사이클론은 고속의 풍량을 기준으로 설계하였으며, 직경 1,340 mm, 원통부 길이 1,220 mm, 원뿔부 길이 2,130 mm의 치수로 결정하였다.

선정된 표준형 사이클론을 제작하여 시험한 결과, 세정 조사의료의 큰 입자경과 가벼운 무게로 인해 원뿔부에서 브리지 (bridge) 현상이 발생하여 배합기로 투입이 곤란하였다. 따라서 사이클론의 원뿔부를 수정 설계하였으며, 최종적으로 설계된 사이클론의 설계도를 그림 6에 나타내었으며, 사이클론은 직경 1,340 mm, 원통부 1,220 mm, 원뿔부 850 mm의 치수로 결정하였다.

앞서 결정된 사이클론의 치수에 따라 선정된 축류식 팬의 축동력은 7.5 kW, 회전수 2,200 rpm으로 선정하였다. 선정된 송풍팬을 시험한 결과, 이송과 집진면에서 함수율이 높은 사일리지 조사료는 문제점이 없었으나, 함수율이 낮은 마른 볏짚 원형베일의 경우는 문제점이 나타났다. 따라서 인버터를 이용하여 적정회전수를 측정하였으며, 그 결과 유속이 15~20 m/s 사이에서는 볏짚 날림현상이 없었으며 흙먼지의 분리가 양호하였으나, 20~60 m/s에서는 세정된 볏짚이 밖으로 많이 배출되고 팬에 세정 볏짚이 끼어 모터가 정지되는 현상이 발생하였고, 0~15 m/s에서는 흙먼지의 분리가 되지 않았다. 따라서 집진팬은 마른볏짚을 기준으로 15~20 m/s 사이의 유속이 되도록 설계하였으며, 축류형 팬의 축동력은 0.4 kW, 회전수는 550~740 rpm으로 결정하였다. 이를 이용하여 제작된 사이클론 이송장치를 그림 7에 나타내었다.



(a) Low speed



(b) High speed

Fig. 5 Distribution of wind velocity for fan speed(unit: m/s).

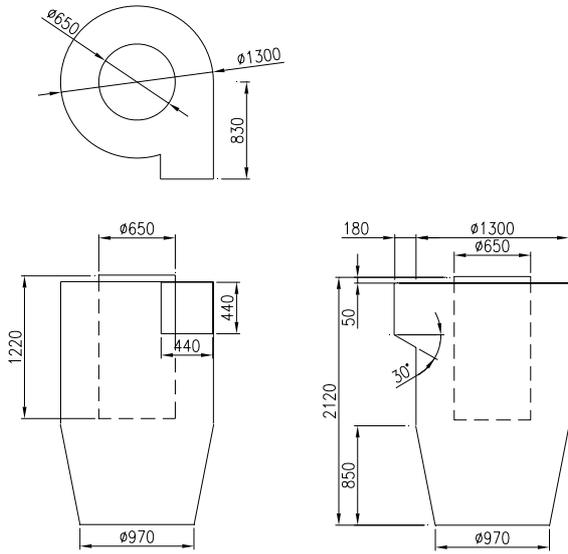


Fig. 6 Drawings of cyclone (unit: mm).

나. 사이클론식 이송장치의 성능시험

세절 조사료의 이송성능을 시험하기 위하여 약 500 kg의 원형베일 형태의 마른벚짚, 이탈리아라이그래스 사일리지, 수단그래스 사일리지, 호맥 사일리지, 청보리 사일리지, 생벚짚 사일리지 등의 조사료를 세절하여 이송성능을 확인한 결과 청보리 사일리지를 제외하고는 관로손실이 거의 없었으며, TMR 배합기로의 이송도 양호한 것으로 나타났다. 청보리 사일리지의 경우는 총 중량대비 0.2%인 약 1 kg이 관로에 침적되었는데 이는 대부분이 중량이 무거운 보리알곡으로 나타났다. 그러나 최근 탈립이 잘 되지 않거나 알곡이 작고 줄기에 양분이 많도록 개량된 청보리 품종이 개발되고 있어 향

후 이에 대한 문제는 해결될 것으로 판단되었다.

또한, 함수율이 높은 사일리지는 배합기로의 이송에서 집진관로를 통해 비산되는 조사료가 없었으나, 마른벚짚의 경우는 송풍팬의 유속차이에 의해 세절된 벚짚이 밖으로 많이 배출되는 현상이 발생하기 때문에 15~20 m/s 사이의 유속에서 가동되는 것이 벚짚 날림현상이나 흙먼지 분리면에서 양호하였다. 마른벚짚의 경우에서 흙먼지의 비산이 가장 많이 나타났기 때문에 그림 8과 같이 마른벚짚의 세절 전과 후의 탁도를 비교하였다. 측정 결과 세절 전에는 평균 54.3 NTU이며 세절 후에는 평균 37.0 NTU로 흙먼지제거율이 평균 약 31.9%로 나타났다. 마른벚짚은 흙먼지 발생과 배합기 이송 측면에서 문제점이 가장 많기 때문에 개발된 사이클론식 이송장치는 효율적인 흙먼지 제거와 원활한 조사료 이송에서 설계기준을 충족하는 것으로 판단되었다.

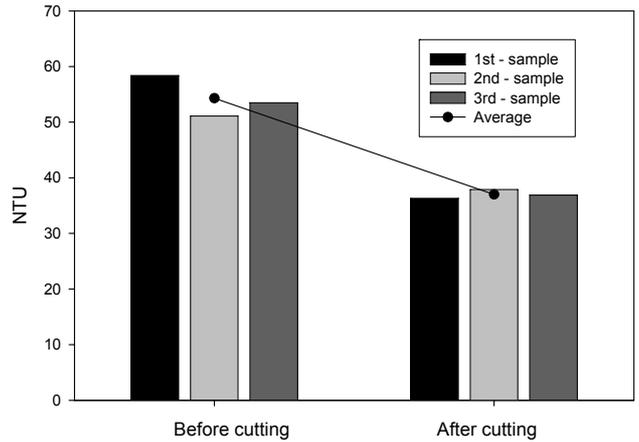


Fig. 8 Turbidity of before and after cutting.

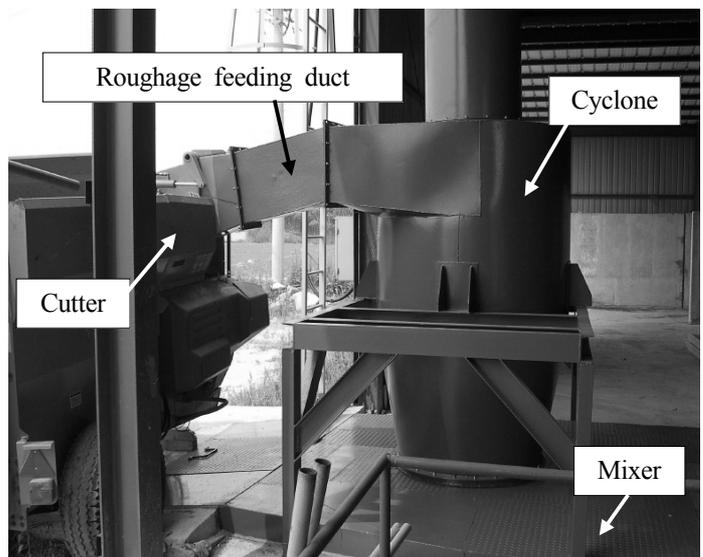
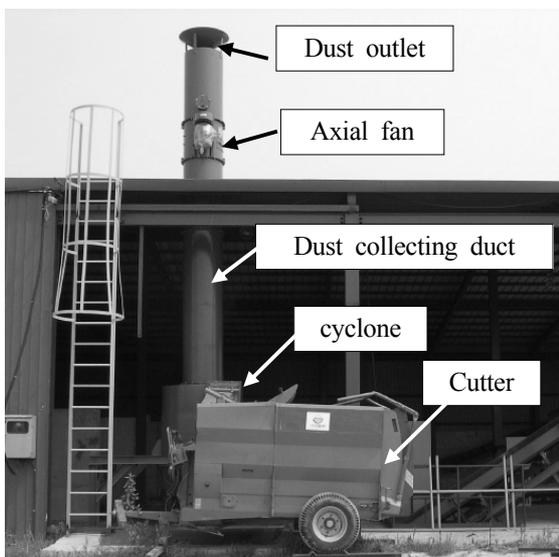


Fig. 7 Pneumatic conveyor of roughage into mixer.

다. CFD 유동해석

그림 9에는 10, 15, 20, 25 m/s의 집진팬의 흡기 유속별로 사이클론식 이송장치 내부의 유동해석을 수행한 결과를 나타내었다. 그림 9(a)의 유선분포에서 보듯 세절기에서 사이클론으로 유입된 유동은 내부원통과 외부원통 사이의 공간에서 반시계방향으로 선회하며, 배합기와 연결된 원뿔부의 하부로부터 유입되는 유동과 혼합되며 내부원통으로 유입된다. 세절기에서 사이클론으로 송풍되는 공기유속이 11.6 m/s로 일정할 경우, 집진팬의 흡기유속이 증가에도 불구하고 유동 형태는 거의 유사한 경향을 보임을 알 수 있다. 그림 9(b)는 x-y 중심단면에서의 유속분포를 보여준다. 최고 유속은 내부원통의 하단부에서 관찰되며, 원뿔부에서는 선회하는 유동과 하부로부터 유입되는 유동이 혼합되어 불균일한 유속분포를 보여준다. 집진팬 유속별 유동패턴은 거의 유사하게 나타났다.

그림 10(a)에는 집진팬의 흡기 유속별로 그림 4의 수직중심 일직선에서의 유속크기를 나타내었다. 유속분포는 집진팬의 흡기유속에 관계없이 일정한 형태를 나타내었으며, 원뿔부의 하부에서 유입되는 유동은 집진팬 흡기유속에 따라 약 1.6~7.3 m/s의 속도범위를 나타내었다. 약 1.2 m의 높이

의 내부원통 입구 상부에서 최대유속이 관찰되었으며 최대유속은 집진팬 흡기유속에 따라 약 18.5~42.5 m/s의 범위로 예측되었다. 그림 10(b)에는 집진팬의 흡기유속별로 그림 4의 수평중심 점선(높이 1.5 m)에서의 y-속도성분을 나타내었다. 내부원통 내의 상승유동은 집진팬 흡기유속에 비례하여 증가하나, 내부원통과 외부원통 사이의 공간에서 y-속도성분 변화는 미미하게 나타났으며 좌측에는 원뿔부 하부에서 유입되는 유동으로 인해 상승유동이, 우측에는 선회하는 유동으로 인해 하강유동이 나타났다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 세절 조사료로부터 흙먼지를 용이하게 분리해 낼 수 있고, TMR 배합시에 배합기로 원활하게 이송시킬 수 있는 사이클론식 이송장치 개발을 위하여 사이클론 치수와 집진팬을 선정하고 사이클론 이송장치를 설계 및 제작한 후 성능시험을 하였으며, CFD 시뮬레이션을 이용하여 사이클론식 이송장치 내부 유동에 대한 해석을 수행하였다. 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

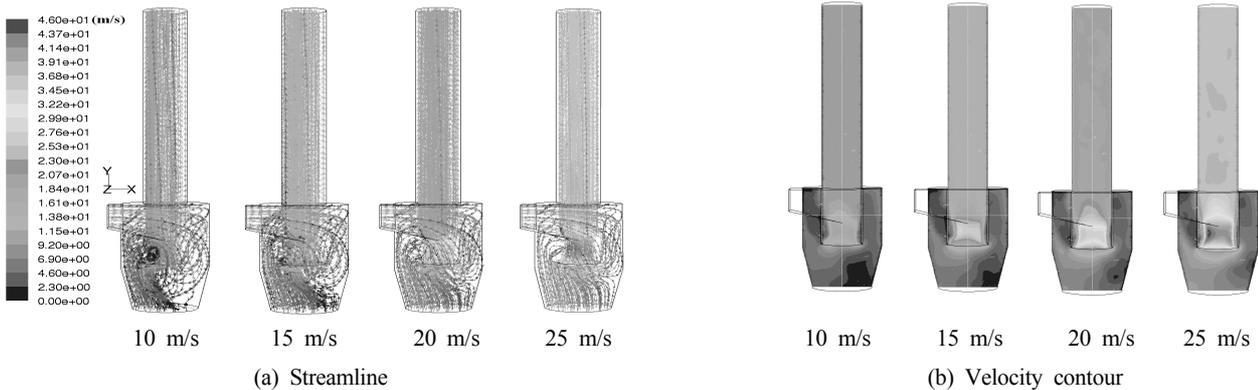


Fig. 9 Predicted streamline and velocity contour in cyclone.

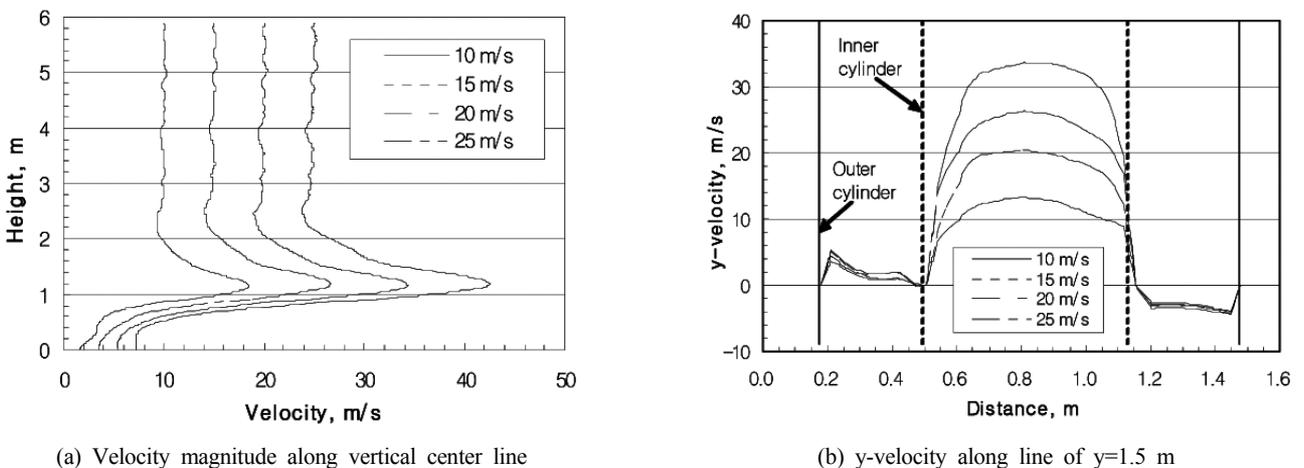


Fig. 10 Predicted velocity in cyclone.

- (1) 사이클론식 이송장치는 마른벧짚을 기준으로 설계되었으며, 사이클론은 직경 1,340 mm, 원통부 길이 1,220 mm, 원뿔부 길이 850 mm이며, 집진팬의 유속은 15~20 m/s로 나타났다.
- (2) 사이클론식 이송장치의 성능시험 결과 육안법에 의한 세절 조사료의 이송과 흡먼지의 분리정도는 양호한 것으로 나타났으며 탁도법에 의한 세절 벧짚의 흡먼지 제거율은 평균 약 31.9%로 나타났다.
- (3) CFD 해석 결과 사이클론으로 송풍된 유동은 내, 외부 원통 사이에서 선회하며 하강한 후, 배합기 쪽에서 유입되는 유동과 혼합되어 내부원통으로 흡기되며, 송풍팬의 송풍유속이 11.6 m/s일 때, 집진팬의 흡기유속이 증가함에 따라 사이클론 내부의 전체적인 유속은 상승하였으나 유동의 형태는 거의 변화하지 않았다.
- (4) 개발된 사이클론식 이송장치는 효율적인 흡먼지 제거와 원활한 조사료 이송에서 설계기준을 충족하는 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. AWWA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition. American Water Works Association, Denver, U.S.A.
2. Briggs, W. B., M. B. Shiver and T. E. Stivers. 1971. Environmental Controls for Feed Manufacturing & Grain Handling. American Feed Manufacturers Association, Chicago, U.S.A.
3. FLUENT 6.2. 2005. User's Guide, FLUENT Inc., New Hampshire, U.S.A.
4. Gemelli, B. 1985. An Agricultural Machine for Loading, Transporting, Chopping and Dispensing to the Fodder Box Fodder Picked up in Roll Bales. Europe Patent Publication number 0147670 A2.
5. Ha, Y. S., D. H. Hong and K. K. Park. 2009a. Development of a Tractor Attached Roughage Cut-feeder for Round Bale(2) -Recent Trend of Traditional Cutting System and Feasibility Study-. Journal of Biosystems Engineering 34(4):228-233. (In Korean)
6. Ha, Y. S., D. H. Hong and K. K. Park. 2009b. Modeling of a small group scale TMR plant for beef cattle and dairy farm in Korea(I) -Development of TMR plant model-. Journal of Biosystems Engineering 34(5):342-350. (In Korean)
7. Ha, Y. S., D. H. Hong and K. K. Park. 2010. Modeling of a small group scale TMR plant for beef cattle and dairy farm in Korea(II) -Performance Test and Cost Analysis of the Model Plant-. Journal of Biosystems Engineering 35(2):91-99. (In Korean)
8. Hong, D. H., K. K. Park, Y. S. Ha, H. J. Kim, J. K. Kwon and T. W. Kim. 2007. Development of a Tractor Attached Roughage Cut-feeder for Round Bale (I) -Development of a Cutting Mechanism and a Performance Test-. Journal of Biosystems Engineering 32(5) pp292-300. (In Korean)
9. Lucas, G. and J. Retaillaud. 2001. Device for Bale Grouping and Shredding of Fodder and Baled Products. Patent Cooperation Treaty 01/47345 A1.
10. Park, J. B. 2003a. The Rice-Straw Cutter. Korean Patent Publication number 20-0318685.
11. Park, K. K. 2003b. Development of Tractor Attached Round Daled Roughage Cutter-feeder. Final report of the research project, Ministry Agriculture & Forestry. Daegu. (In Korean)
12. Triollet, M. 1984. Silage Cutter and Conventional Agricultural Implement with such Silage Cutter. Europe Patent Publication number 0102437 A1.
13. Wang, L. 2004. Theoretical Study of Cyclone Design. Ph.D. dissertation, Department of Biological & Agricultural Engineering, Texas A&M University.
14. Yu, B. K., K. Y. Oh, G. J. Choi, S. H. Lee, and K. H. Lee. 2002. Development of chopper for rice-straw round bale. Proceedings of the KSAM 2002 winter conference 7(1): 248-253. (In Korean)