

유기성 슬러지 양생장치의 건조특성

정호윤*·박재성*·강진수**·윤희철**이연원†

The Characteristics of Organic Sludge in Curing Equipment

Ho-Yun Jung, Jae-Sung Park, Jin-Soo Kang, Hee-Chul Yun, Yeon-Won Lee

Key Words: Organic Sludge(유기성 슬러지), Curing Equipment(양생장치), CFD(전산유체역학), Porous Media(다공성 매질)

Abstract

Recently, we have many problems on the process of the sludge. In past, the sewage sludge was treated by reclaimed land or thrown away in the sea. But these methods caused environmental pollution. Today, many researchers are studying various methods for reducing its volume. One of these method, this study is to reduce the moisture of sewage sludge and to solidify it using a dryer and curing equipment. In this research, we investigated about design parameter and operation condition of the equipment. The curing equipment reduces the percentage of water content from 30% of dryer to 10%. So, we have to study the curing characteristics and performance of curing equipment. For example, there are internal flow characteristics and change of the percentage of water content. And we investigated the change of data at outlet along the initial condition, temperature, humidity and air flow. Using this data, we achieve the experimental results of curing efficiency by each geometry and operating condition. And we also investigated numerical analysis of internal flow using CFD code. This research is basic study for optimal design of the curing equipment.

1. 서 론

하수 슬러지란 통상 수중의 부유물질이 부상 또는 침전의 작용에 의해 액체에서 분리된 일종의 폐기물이며, 상수, 공업용수, 하/폐수처리 과정과 일반산업체의 수처리 과정 및 제품생산 공정 등 발생원은 매우 다양하다. 그리고 정부의 수질 개선 및 환경오염 방지를 위한 노력으로 하수처리장의 신설 및 확장 계획에 따라 하수슬러지

발생량은 향후 계속하여 늘어날 것으로 예상된다.

일반적으로 슬러지를 처리하는 방법으로는 소각, 매립, 퇴비화, 해양투기, 보관 등이 있으나, 국내의 경우는 대부분 매립에 의존하고 있다. 매립은 처리비가 저렴하고, 대량처리가 가능하지만 부지확보의 어려움과, 수질 및 토양오염의 발생, 에너지 효율 측면에서도 많은 문제점을 안고 있다. 이에 대한 대체방안으로 소각 및 재활용의 비율이 점차 증가하는 추세다. 이 중 하수 슬러지를 재활용하여 자원화 하는 방안이 활발하게 연구되고 있다. 이 방법은 매립시 발생하는 추가적인 환경오염을 방지할 수 있고, 소각에 비해 에너지 효율 측면에서 유리하다.

따라서 본 연구는 하수 슬러지를 자원화 하기 위한 연구의 일환으로 슬러지를 건조장치와 양생

† 회원, 부경대학교 기계공학부
E-mail : ywlee@pknu.ac.kr
TEL : (051)620-1417 FAX : (051)620-1531

* 부경대학교 대학원

** (주)포스코건설

장치를 이용한 건조성형 시스템 중에서 양생장치의 최적화 설계를 위한 운전 조건을 알아보는 연구이다. 이에 선행연구로서 실험용 Demo Plant를 이용하여 양생 장치의 성능을 실험에 의해 측정하고, 수치해석을 통하여 내부 유동특성을 파악한다. 따라서 본 연구는 이러한 결과 값을 토대로 실제 Pilot Plant를 설계하기 위한 기초를 확립하는 것이 그 목적이다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

Fig. 1에 본 실험의 개략도가 나타나 있다. 우선 본 실험에 사용된 장비는 Demo Plant 장치와 시간에 따라 중량을 측정할 수 있는 Load Cell, 열풍을 공급하기 위한 Heater 와 Blower, 입·출구 간의 차압 측정장치, 온도와 습도센서, 유속측정장치 등으로 구성되어 있다. 그리고 데이터 취합을 위해 컴퓨터를 사용하였다.

2.2 실험 방법

양생 과정은 슬러지와 고화제를 혼합하여 입자화 한 후 강제 공기순환에 의하여 양생시켜 고형물의 약취 발생 및 증기속 용출 문제를 해결하면서, 양생기에 공급하는 양생용 공기는 저온의 폐열을 이용하여 공급한다. 하지만 본 연구는 그 선행연구로서, 내부 형상과 초기의 입구 조건의 변화에 따른 양생 성능을 파악한다. 고화제를 혼합하지 않은 함수율 30%의 슬러지를 사용하여 실험을 수행하였다. 입구 풍량은 3.6, 4.3, 5.0, 5.7, 6.4 m³/min의 풍량을 사용하였다. 입구 온도 조건은 68.5, 75, 81.5 °C의 세 케이스이다. 입·출구 간격에 따른 케이스는 A, B, C 타입 세 가지에 대해서 검토하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 풍량의 변화에 따른 함수율의 변화

본 실험은 유입공기의 온도를 68.5 °C의 경우에 풍량에 따른 함수율을 조사하였다. Fig. 2에 시간에 대한 함수율의 변화를 나타내고 있다. 시간이 지남에 따라 함수율은 선형적으로 감소하는

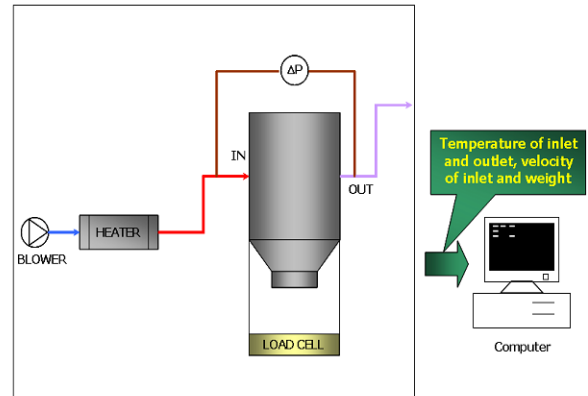


Fig. 1 Experimental system of Curing Equipment

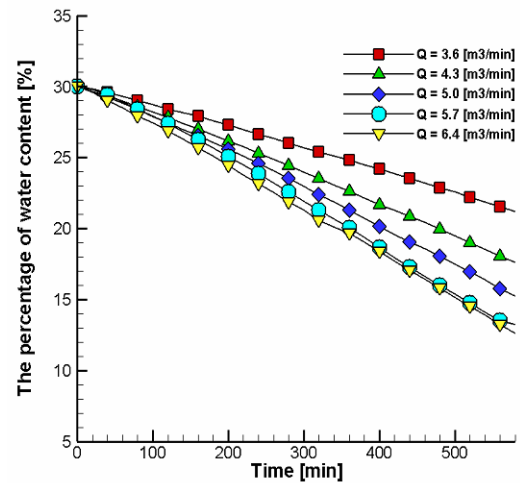


Fig. 2 Change of water content along the flow rate and time

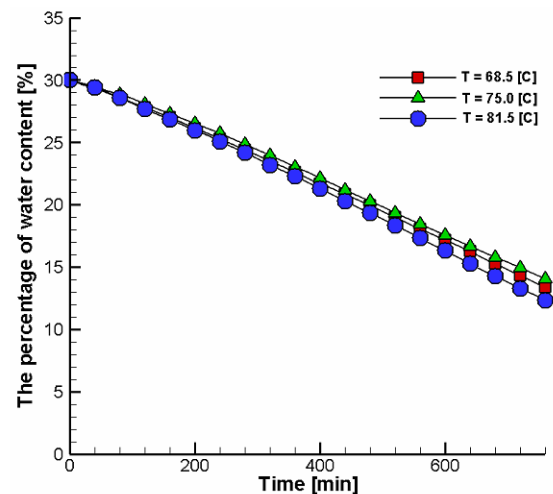


Fig. 3 Water content distribution along the inlet temperature

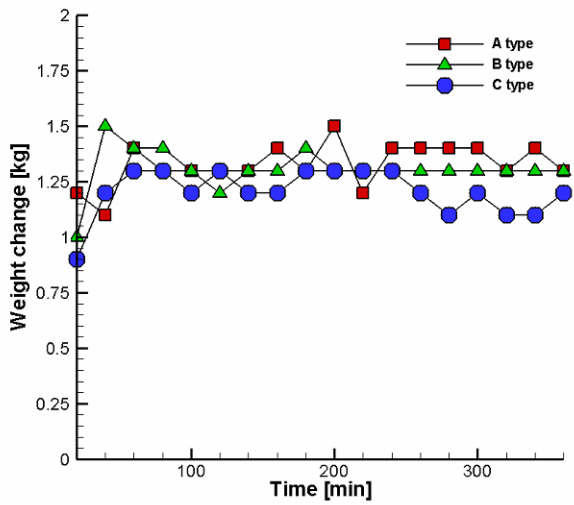
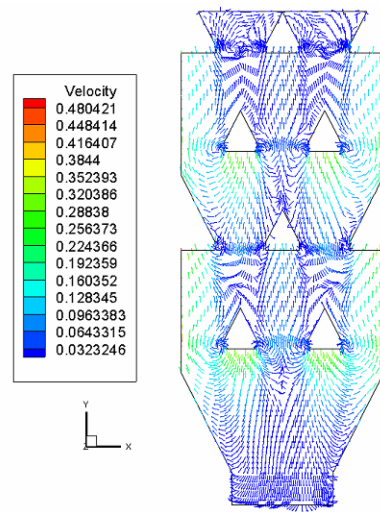


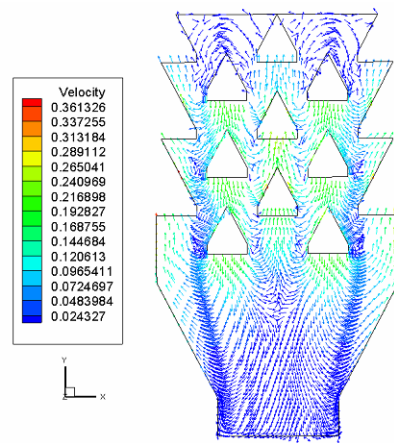
Fig. 4 Evaporation loss distribution along the each type

Table 1 Mean evaporation loss along the each type

Type	Mean Evaporation Loss(kg/min)
Type A	0.0664
Type B	0.0653
Type C	0.0603

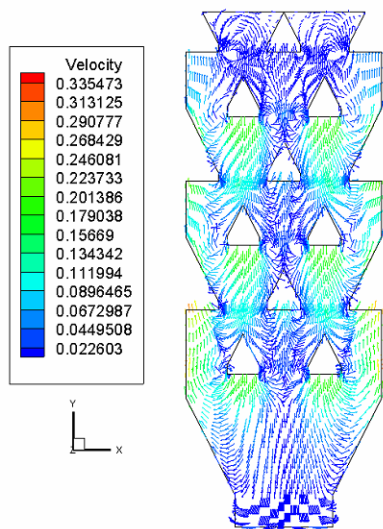


(b) Type B



(c) Type C

Fig. 5 Velocity vector for each type



(a) Type A

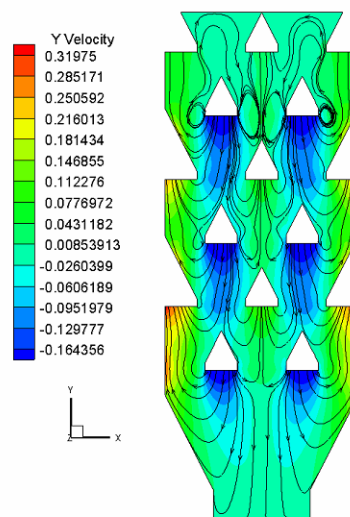


Fig. 6 Stream line at A type

것을 알 수 있다. 그리고 풍량이 증가할 수록 감소폭이 큰 것을 알 수 있다. 하지만 5.7 m³/min과 6.4 m³/min를 비교하면 풍량이 증가하였지만 함수율의 감소폭은 그다지 줄지 않았다. 이로서 에너지 효율면에서 5.7 m³/min의 풍량이 에너지 효율면에서 효과적임을 알 수 있다.

3.2 입구 온도변화에 따른 함수율의 변화

Fig. 3은 온도에 따른 내부 함수율의 변화를 나타내었다. 온도에 경우도 함수율의 감소폭이 선형적임을 알 수 있다. 하지만 풍량에 따른 함수율의 변화보다는 감소율이 적음을 알 수 있다. 이에 온도조건 보다는 풍량이 중요한 요소로 작용함을 알 수 있다.

3.3 입·출구 간격에 따른 함수율의 변화

산 격자는 풍량 4.3 m³/min일 경우대 대해 실험을 수행하였으며, 입구 온도조건은 75.0 °C이다. Fig. 4는 입·출구 사이 간격에 따른 증발량을 나타낸다.

입·출구 간격에 따라 양생 효율에 영향이 클 것으로 예상하였지만 실제 양생 효율에는 큰 영향을 미치지 않았다. 각 타입에 대해 증발량의 평균값을 구했을 때 A 타입이 증발량이 조금 높은 것을 알 수 있다. Table 1에 각 타입에 대한 평균 증발량을 나타내었다.

4. 유동장 수치모사

4.1 해석모델 및 경계조건

실험적인 방법으로 내부 유동장을 파악하기에는 무리가 있어서, 수치해석을 통하여 양생 장치 내부의 유동특성을 파악하였다. 수치모사에 사용된 해석모델은 실험에 사용된 3가지 타입의 Demo Plant이다. 3D 모델에 대해 해석을 하였으며 해석은 실험조건인 풍량 4.3 m³/min의 입구조건으로 하여 해석을 실시하였다. 양생 장치 내부에 들어있는 슬러지는 유동의 저항으로 작용한다. 이를 계산하기 위해 양생 장치 내부를 Porous Media(다공성 매질)로 처리하여 슬러지에 의한 저항효과를 계산하였다. 해석에 사용된 격자는 Hexahedral Type 격자를 사용하였다. 유동장을 풀기 위한 난류 모델은 k-ε 모델을 사용하였다. 입구 조건은 Mass flow inlet으로 유량 4.3 m³/min으

로 주었고, 출구 조건은 대기압 조건, 나머지 벽면은 No-slip 조건을 부여하였다.

4.2 유동장 해석결과

Fig. 5에 양생기 내부의 속도장을 나타내었다. 그리고 Fig. 6에 A type에 있어서의 유선을 나타내었다. 입·출구 근처 벽면과 양생 장치 내부에서 재순환 영역이 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 유동장에 있어서 에너지 손실로 작용하게 된다. 이에 추후의 연구에서는 형상의 개선이 요구된다. 그리고 각 Type의 상부 부분과 하부는 유동의 흐름이 거의 발생하지 않는다.

5. 결 론

먼저 “슬러지 건조, 고품화 기술”의 일환으로 수행된 본 연구는 양생 장치의 모형을 이용하여 풍량과 입구온도 그리고 입·출구 간격의 변화에 따라 증발량이 어떻게 변화 하는지를 실험적인 방법을 이용하여 수행하였고, 내부 유동특성을 파악하기 위하여 수치모사를 실시하였다. 이를 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

- 1) 풍량의 변화에 따라서 증발량의 감소가 선형적으로 나타났고, 풍량이 증가함에 따라 많은 양의 수분이 증발하였다. 에너지 효율면에서 본다면 5.7 m³/min의 풍량이 6.4 m³/min보다 효율적이었다.
- 2) 증발량의 경우 온도의 변화와 입·출구 간격의 차이에 대해 큰 변화를 보이지 않는다. 특히 온도의 경우 공급되는 열량의 경우 온도에 밀접한 영향을 받지만 입구 온도차가 6.5 °C로 온도의 변화에 따라 충분히 열량의 차이를 얻을 수 없어 온도의 변화에 따라 충분한 증발량의 차이를 관찰할 수 없었다..
- 3) 수치해석을 통하여 내부 유동장을 파악했으며, 입·출구 주위에 재순환 영역이 발생하는 것을 확인하였다. 이에 추후 형상의 개선이 요구된다.

참고문헌

- (1) H. K. VERSTEEG, W. MALALASEKERA, 1995, "An introduction to computational fluid dynamics the finite volume method", *Longman Group Ltd*, pp. 70~72
- (2) B. Mohammadi, O. Pironneau, "Analysis of the K-Epsilon Turbulence Model", pp. 89~90
- (3) Harold F. Porter, George A. Schurr, David F. Well, Konrad T. Semrau, "Solid Drying and Gas-Solid Systems", Section 20
- (4) S. A. Giner, D. M. Bruce, S. Mortimore, 1998, "Two-Dimensional Simulation Model of Steady-state Mixed-flow Grain Drying. Part 1: The Model", *J. agric. Engng Res.*, Vol. 71, pp. 37~50
- (5) S. A. Giner, D. M. Bruce, 1998, "Two-Dimensional Simulation Model of Steady-state Mixed-flow Grain Drying. Part 2: Experimental Validation", *J. agric. Engng Res.*, Vol. 71, pp. 51~66
- (6) Kati Laakkonen, 2003, "Method to model dryer fabrics in paper machine scale using small-scale simulations and porous media model", Vol. 24, pp. 114~121