

입자충전모델에 의한 본체의 유동특성

신 희영, 박 제구

Hee-Young Shin, Jai-koo Park

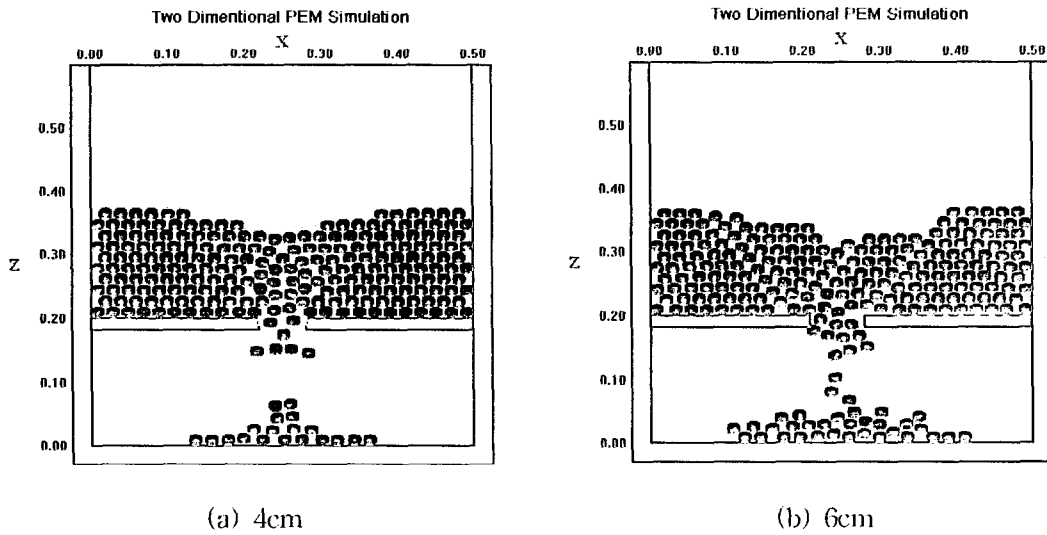
1. 서론

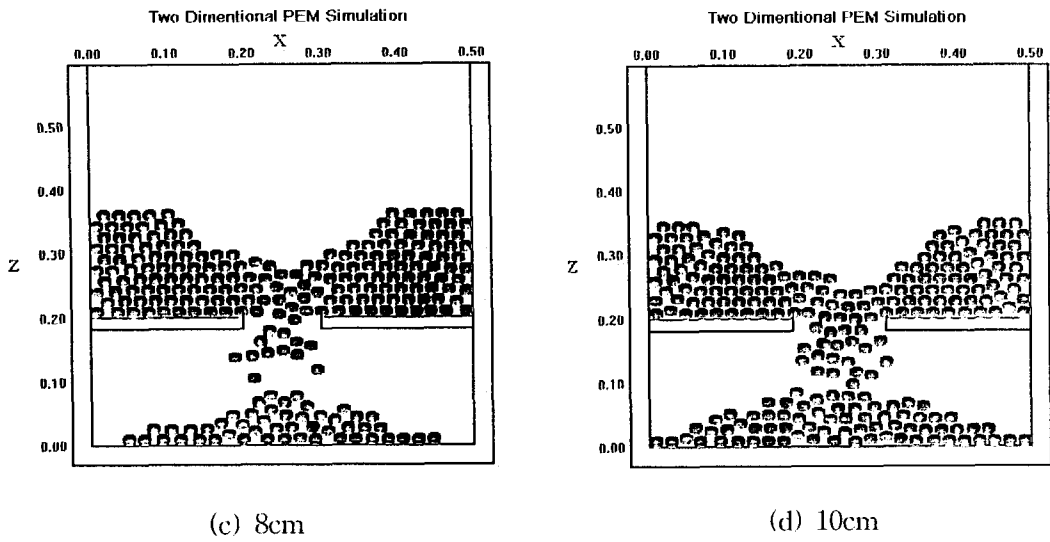
분체의 충전 및 유동성은 다수의 입자가 모여있을 때 비로서 나타나는 성질로서 분체공정의 단위조작에 있어서 매우 중요하다. 분체의 충전상태는 입자군의 집합상태, 입자간 상호작용력 및 주위환경등에 따라서 결정되어지는 정적인 존재 상태라 할 수 있으며, 유동시에 힘의 평형이 깨졌을 때 입자사이의 변화가 일어나는 현상이라 할 수 있다. 본 보고에서는 입자간 접촉에 발생하는 계반 물리적 성질을 고려한 입자 충전모델을 이용하여, 입자 유동성에 관한 모의 실험을 행하였다. 모의 실험은 가로 50cm×세로30cm직각호퍼에서 호퍼의 배출구의 크기, 입자마찰계수등에 따른 입자의 배출양상을 조사함으로써 진행하였다.

2. 분체유동 모의실험

I. 배출구의 지름을 변화시켰을 때

Fig. 1은 호퍼를 개방한 후 0.4초가 지났을 때의 입자 위치를 윈도우 프로그램에서 나타낸 것이다. 초기 입자의 위치로는 배출구가 닫혀 있을 때를 가정하여 지그재그로 10층을 쌓아 총 270개의 입자를 위치를 저장한 파일을 입력한다. 호퍼 배출구의 지름은 각각 4cm, 6cm, 8cm, 10cm로 입자의 지름(2cm)의 정수배로 설정하였다.





(c) 8cm (d) 10cm
 Fig. 1. The particle flow pattern with varying hall width in the rectangular hopper (t=0.4sec).

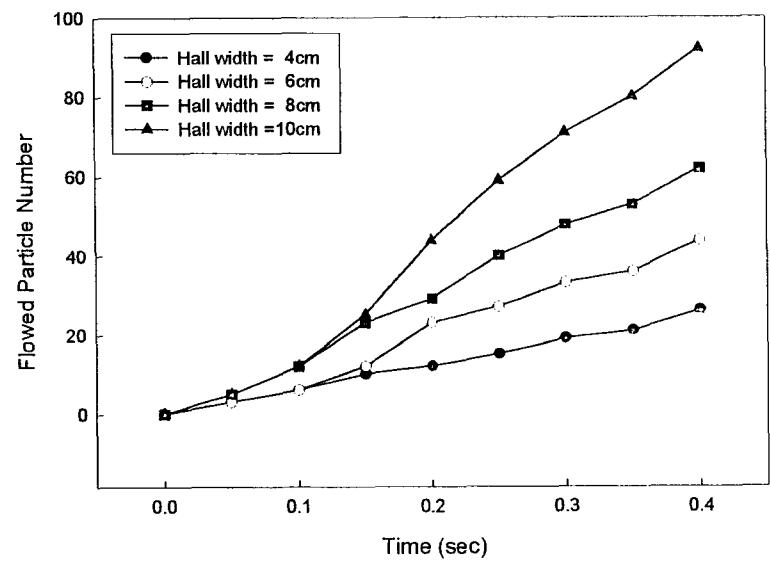


Fig. 2. The number of fallen particle with varying hall width.

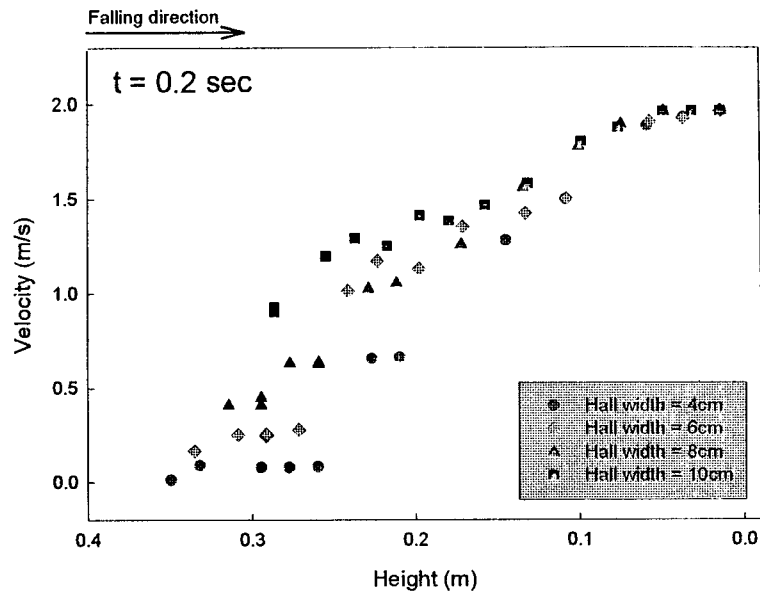


Fig. 3. The velocity's variation pattern of particles which are in center of rectangular hopper at t=0.2sec.

각각의 배출구의 지름의 크기가 경우에 대해 시간에 따른 배출입자의 개수를 Fig. 2에 나타내었다. 입자의 개수는 시간이 지남에 따라 거의 선형적으로 비례하여 증가함을 보이지만 배출초기, 즉 0.15초 이전에서는 4cm와 6cm, 8cm와 10cm일 때의 배출입자 개수는 각각 일치하는데 이는 배출초기의 입자들간의 충돌에 의한 막힘 현상에 의한 것으로 생각된다. 그러나, 시간이 지남에 따라 배출된 입자의 개수는 계속 증가하였다. 배출구의 지름이 8cm인 경우를 4cm를 비교해 볼 때 초기에 두배 정도이다가 시간이 지날수록 배출된 입자의 개수가 2배 이상으로 점차적으로 증가하였다.

호퍼가 개방된 후, 0.2초 지났을 때 직각호퍼 중심부분의 입자의 속도 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 여기서 0.2초는 배출되어 입자가 쌓임으로 인해 중심부분의 입자의 속도에 영향을 미치지 전의 시간이다. Fig. 3에서와 같이 입자의 속도는 입자가 떨어지면서 선형적으로 증가하는 것을 보이고 있다. 그러나 배출 초기에는 다소 배출구 지름의 크기에 따라 낙하 속도가 다르다. 즉, 배출구 지름이 클수록 속도가 빠르다. 입자가 배출되어 바닥부분에 낙하 되었을 때 입자의 속도는 배출구의 지름에 관계없이 거의 같게 나타났다. 이러한 운동은 초기에는 충돌에 의해 속도가 변할지라도 결국 지구 중력 가속도에 의한 등가속도운동을 하고 있음을 보이고 있다.

II. 마찰계수를 변화시켰을 때

입자의 모델링에서 특성 중에서 입자간의 마찰계수는 입자의 재질에 의해 결정된다. 위의 모의실험에서는 알루미늄으로 가정하였지만, 여기서는 마찰계수 변화에 따른 변화양상을 알아보고 직각호퍼에서 마찰계수가 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

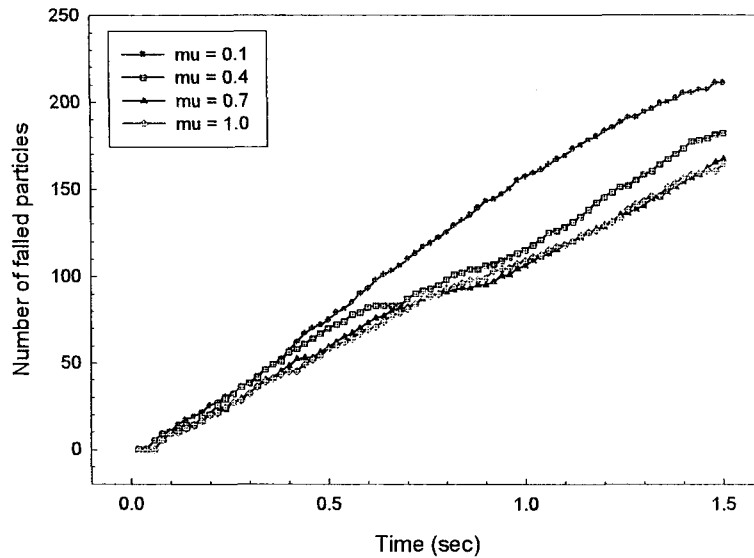


Fig. 4. The fallen particles number with varying the friction coefficient of particles.

Fig. 4는 입자간의 마찰계수를 0.1, 0.4, 0.7, 1.0으로 변화시키면서 시간에 따른 배출입자의 개수그래프이다. 초기의 약 0.4초까지는 모든경우에서 배출된 입자의 개수는 거의 일치하는데 초기에서는 배출구 바로위의 입자가 바로 떨어지기 때문에 입자의 마찰계수에 영향을 적게 받기 때문이다. 시간이 지나면서 마찰계수에 따라서 배출개수는 달라지는데 이는 배출이 진행함에 따라 입자간의 충돌이 증가하고 이에 따라 마찰계수가 영향을 끼치게 되기 때문이다.

배출효과가 가장 좋은 경우는 마찰계수가 0.1인 경우로 입자간에 마찰에 의한 저항력이 작기 때문에 입자의 흐름이 좋았다. 따라서 마찰계수가 작은 입자일수록 직각호퍼에서 흐름은 좋음이 확인되었다. 그러나 그림에서 마찰계수가 0.7인 경우와 1.0인 경우는 배출효과는 거의 같게 나타났다. 이 모의실험에서는 270개의 입자를 가지고 모의실험하였지만 너많은 입자를 가지고 모의실험을 하게 된다면 충돌횟수가 증가하기 때문에 0.7과 1.0인 경우도 차이가 나리라고 생각된다.

3. 결론

이와 같은 모의 실험을 통하여 직각호퍼에서 배출구의 지름을 달리하며 입자를 배출시킨 결과 배출되는 개수는 배출구의 지름에 선형적으로 또는 지수적으로 증가하지만 입자의 속도는 배출구의 지름과 관계없이 일정함을 알게 되었다. 배출구의 지름은 입자의 흐름을 좋게 하지만 입자의 속도에는 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

또한 입자의 특성 중 마찰계수를 변화시키면서 배출을 한 결과 마찰계수가 직각호퍼에서의 배출에 큰 영향을 미침을 확인하였다.

참고문헌

1. Tomoshanko, S. P. and Goodier, J. N., 1970, Thoery of Elasticity (McGraw Hill : Singapore), pp.409-420.
2. Kano, J., Chojo, N., and Saito, F., 1997, A method for simulating the three-dimensional motion of balls under the presence of a powder sample in a tumbling ball mill, J. Soc. Powder Technol., Japan vol. 8, pp.39-51.
3. Inoue, T. and Okaya, K., 1996, Grinding mechanism of centrifugal mills-a simulation study based on the discrete element method, Int. J. Miner. Process. vol. 44-45, pp.425-435.
4. Leonard Obert, 1967 Rock mechanics and the design of structures in rock, pp.49-74