

## CT1) Compression Cake내에서의 입자 퇴적 양상에 대한 수치 해석적 연구

### A Numerical Study on the Particle Deposition Morphology in the Compression Cake.

전 기 준 · 정 용 원  
인하대학교 지구 환경 공학 부

#### 1. 서 론

여과집진기(fabric filter)는 높은 집진 효율로 인해 대형소각로를 포함한 환경시설의 집진 설비로 많이 적용되고 있으며, 그 중에서 pulse-jet형 여과집진기가 가장 많이 사용되는 추세이다. 한편, 여과포 표면에 형성되는 dust cake의 퇴적성상(deposition morphology)은 여과집진기의 압력손실에 매우 큰 영향을 미치는데, 일정 여과속도에서 dust cake의 압력손실이 상대적으로 큰 경우에는 탈진주기가 필연적으로 짧아지는 결과를 초래한다. 따라서, 이로 인해 운전비용이 증가되고, 또한 강력한 탈진으로 인한 여과포의 기계적 손상이 가속화되어 여과포의 교체주기도 빨라지게 되며, 전체적으로 비용이 증가하게 되고 집진효율도 저하된다. 그러므로 관련 변수가 dust cake의 퇴적성상에 어떠한 영향을 미치는지 체계적으로 조사하는 것은 이를 통해 운전방법을 최적화 할 수 있는 방안을 얻을 수도 있다는 점에서 매우 중요한 의미가 있다. 이와 같은 목적으로 본 연구에서는 먼지입자 간의 부착력(adhesion force), 마찰력(friction force), solid pressure등을 고려하여 dust cake의 퇴적성상을 예측할 수 있는 전산모사법을 개발하였다.

#### 2. 연구 방법

입자간의 부착력을 고려해 주기 위해 Van der Waals force에 관한 식을 이용하였다. 여기에서 부착력은 입자의 크기와 Hamaker 상수로 결정되므로 본 연구에서 주요 변수들로 선택하였다. 또한 dust cake의 압축에 매우 큰 영향을 미치는 마찰계수(friction coefficient)도 관련 변수로 선택하였다. 계산과정을 요약하면, 먼저, solid pressure를 Carman-Kozeny 식을 이용하여 구한 다음, 이로부터 입자에 가해지는 전단력(shear force)을 계산하였다. 다음에 이를 solid pressure, 부착력과 마찰계수로 계산되는 최대전단력과 비교하여 최대 전단력보다 크면 입자가 이동하여 압축되는 것으로 간주하였다. 본 연구에서 입자는 구형으로 가정하였고, 입자크기의 효과를 예측하기 위해 단분산(monodisperse)과 이분산(bidisperse)의 두 가지 경우에 대해 2차원모사를 수행하였다.

본 연구에서 입자 퇴적성상은 2차원 computer graphics로 도시하여 확인하였으며, dust cake의 공극률과 동일 dust loading에 따른 압력손실 및 각 층(layer)별로 압력손실을 비교하여 각 변수에 따른 퇴적성상 변화를 확인할 수 있었다. 한편 전산모사는 한 경우에 대해 각기 다른 random number를 사용하여 여러 번 반복하여 수행하였고, 이를 평균하여 평균치를 구하였다. 본 연구에서 전산모사법은 Stockmayer의 전산모사법을 개선한 것으로 다분산입자를 고려할 수 있도록 고안되었다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 입경  $7.5\mu\text{m}$ 인 단분산 에어로졸 입자의 퇴적 시에 공극율(porosity) 변화를 나타낸 것이다. 퇴적되는 에어로졸 입자수가 증가함에 따라 여재(filter media) 표면 부분에 퇴적된 에어로졸입자들에 작용하는 Solid Pressure가 증가된다. 이 증가한 압력이 최대 전단력 보다 커지는 영역에서는 입자의 이동이 시작되어 공극율(porosity)이 감소되는 압축 현상이 발생하는 것을 알수있다.

그림 2는 이분산(bidisperse) 에어로졸의 경우 에어로졸 농도 분포에 따른 퇴적층의 공극율(porosity) 변화를 도시한 그림이다. 모사에 사용된 입자의 직경은 각각  $7.5\mu\text{m}$ 의 입자와  $15\mu\text{m}$  입자이고 퇴적된 입자 중  $15\mu\text{m}$ 입자의 분율(Number Fraction)에 따른 공극율(porosity)변화를 표현한 것이다. 이분산(bidisperse)

입자의 혼합 여파에서는 작은 에어로졸입자가 큰 에어로졸 입자들 사이의 공극 매움 작용으로 인한 공극율(porosity)의 감소현상과 작은 에어로졸 입자의 가교 작용으로 인한 공극율(porosity) 증가 현상이 동시에 일어난다. 이러한 두 기작의 영향을 입자의 혼합 정도에 따라 모사 해본 결과 15.0 $\mu\text{m}$  입자의 분율이 감소함에 따라 입자의 매움 작용이 우세하여 공극율(porosity) 감소 경향을 보인다. 특히 15 $\mu\text{m}$  입자의 분율이 0.3인 영역에서 급격한 공극율(porosity)의 감소현상이 나타난다. 이는 작용하는 두 기작 중 공극 매움 작용이 가장 우세한 영역이다. 15 $\mu\text{m}$  입자의 분율이 0.2 이하인 영역에서는 15 $\mu\text{m}$  입자들이 7.5 $\mu\text{m}$  입자들에 대해서 가교 작용을 함으로 다시 공극율(porosity)이 증가한다. 이러한 경향은 Carman의 실험 결과에서도 언급된바 있다.

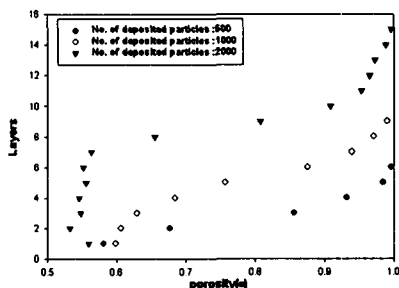


Fig. 1 Porosity Variation During the Filtration

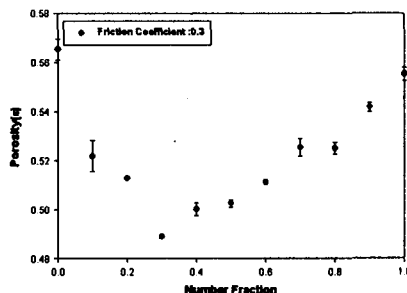


Fig. 2 Porosity Variation According to the Particle Number Fraction

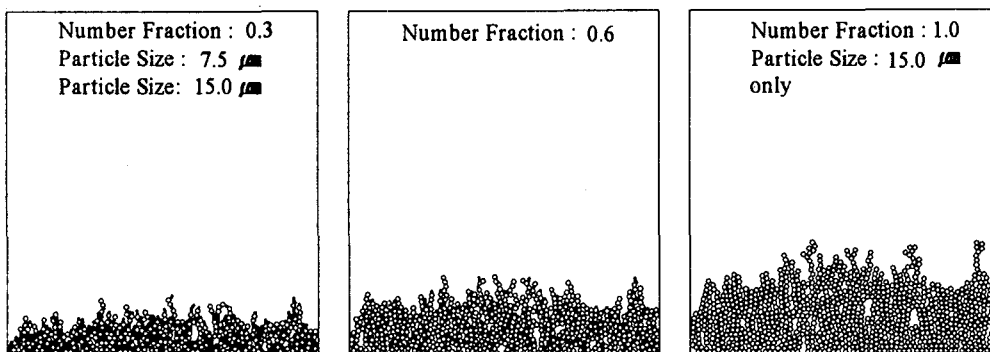


Fig. 3. The change in Particle Deposition Morphology with the increase in Particle Number Fraction of 15.0 $\mu\text{m}$  particle in the Total Deposited Particles.(7.5 $\mu\text{m}$  and 15.0 $\mu\text{m}$  particles)

### 참고 문헌

1. Ch. Stockmayer and W. Hoeflinger.(1997) 「Simulation of the Filtration Behaviour of Dust Filter s<sub>J</sub>」, Simulation Practice and Theory, pp. 281 ~ 295
2. Yoshiyuki Endo, DA-Ren Chen and David Y.H Pui (1997) 「Bimodal Aerosol Loading and Dust Cake Formation on Air Filters」, Filtration & Separation pp. 241~249
3. P. C Carman (1953) 「Fundamental Principles of Industrial Filtration」, Institution of Chemical Engineers pp.168 ~188
4. Iraklis A. Valioulis and E. John List(1984) 「Collision Efficiencies of Diffusing Spherical Particles」, Advances in Colloid and Interface Science pp. 1 ~20