

# 폐골자재 재활용을 위한 치차형 선별기의 동역학 모델 개발 Development of Dynamic Model of a Super Screen for Recycling of Construction Wastes

\*김광훈<sup>1</sup>, 박정홍<sup>1</sup>, #문병영<sup>2</sup>, 곽광훈<sup>3</sup>, 박용기<sup>3</sup>

\*K. H. Kim<sup>1</sup>, J. H. Park<sup>1</sup>, #B. Y. Moon(flyworld7@gmail.com)<sup>2</sup>, K. H. Kwack<sup>3</sup>, Y. G. Park<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> 부산대학교 기계설계공학과, <sup>2</sup> 부산대학교 기계기술연구원, <sup>3</sup> (주)거산기계

Key words : Dynamic Analysis, Recycling, Separation, Vibrating Screen

## 1. 서론

경제발전의 과정에서 건설된 건축물의 노후화로 수명이 다한 건축물이 늘고 있다. 특히 수도권 등에 도시화정책에 따라 건설 수요가 늘고 기존의 건축물의 해체와 신축에 따른 건설 폐기물의 양이 점점 늘어남으로 건설 폐기물의 처리라는 문제점이 나타나게 되었다. 최근 환경 문제가 중요한 사회적 문제로 거론되면서 이러한 건설 폐기물의 처리에 관심이 높아지고 있다. 이 문제의 해결방법으로 건설 폐기물 재활용이라는 친환경적이며 재생산적인 방법을 정부와 기업에서 다각도로 시도하고 연구되고 있다. 본 연구에서도 이와같은 폐기물의 재활용을 위한 한 방법으로 건설폐기물 중 골재로 쓸 수 없는 이물질을 분리하는 장치인 스크린에 대한 이론적 배경을 구축하고 실험적 모델을 검증하려고 한다.

건설 폐기물 중 1차 스크린에서 배출된 혼합골재(25mm이하)에는 골재와 흙, 이물질(스티로폼, 목재등)이 같이 혼합되어 있다. 이물질을 제거하여 골재를 재사용하기 위한 스크린은 현재 산업 재활용의 필요성 증가에 맞물려 그 중요성이 부각되고 있다. 분쇄된 건설 폐기물은 밀도가 낮은 목재나 스티로폼 같은 이물질과 밀도가 높은 석재와 흙으로 나뉜다. 실제 건설 폐기물 분리 공정에 사용되는 시스템 중에서 경사식 진동체가 가장 널리 쓰인다. 이는 그 사용방법이나 소요되는 비용이 저렴하기 때문인데 이 경사식 진동 스크린의 가장 큰 단점은 원하는 크기의 석재를 분리할 수 없다는 것이다. 치차형으로 이루어진 선별기의 경우 이러한 경사식 스크린의 단점을 보완한 선별기라 할 수 있다.

치차형 선별기에 대한 연구는 국외에서 활발한데 오래전부터 친환경적 산업화를 추구해온 유럽과 일본등이 특히 많은 연구가 이뤄지고 있다. 치차형 선별기는 수퍼 스크린 혹은 스타 스크린이라고 불리워지며, 골재를 선별하는 방법이 기존 진동식 스크린과 크게 차이난다. 진동식 스크린의 경우 스크린의 경사도와 진동수 및 진폭의 크기에 변화를 줌으로써 분리 성능을 높이거나 원하는 자재를 선별하였지만, 치차형 선별기는 치차의 높이, 간격, 폭 및 회전속도를 통해 원하는 크기의 자재를 선별할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 국내에서는 아직 이러한 친환경적 건설 장비에 대한 연구가 매우 부족한 상태이다.

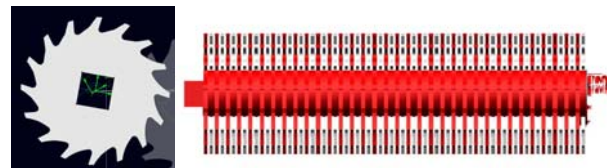
본 연구에서는 회전하는 치차형 스크린이 어떻게 입자들을 선별하는지를 해석적으로 알 수 있는 모델을 제시하고자 한다. 치차형 스크린과 입자들의 접촉을 정의함으로써 치차와 입자의 동적 거동을 해석하고, 치차의 회전 속도에 따른 입자의 선별 정도를 확인함으로써 치차의 선별 성능을 예측하여 치차형 스크린 설계에 필요한 정보를 얻고자 하였다. 치차의 폭, 개수, 치아의 높이와 같은 치차에 대한 설계인자들은 고정시키고 입자의 크기와 치차의 회전속도를 변화 시키면서 분리되는 것을 살펴보았다. 본 연구에서는 치차형 스크린과 입자모델의 동적 거동을 고려한 해석 모델을 제시하고, 구성된 모델에 대하여 회전 속도에 따라 요구되는 최소 구동력과 입자의 분리 성능을 평가하였다.

## 2. 스크린 모델

수퍼 스크린 모델링과 해석은 동역학 및 시스템 해석 전문 소프트웨어인 ADAMS(version 2005, U.S.A.)를 사용하였다. 동역학 모

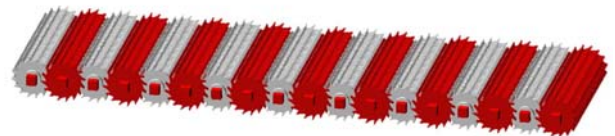
델을 구성하기 전에 먼저 치차형상의 CAD 파일을 parasolid(x\_t) 파일로 변환하여 ADAMS에 입력하였다. Fig. 1은 구성된 치차 모델을 나타낸다. 본 해석에서 설정한 기본 모델은 치차 두께 16mm 치차사이 공간을 5mm로 설정하였고, 스크린이 지면과 이루는 각은 10°로 고정시켰다. 치차의 열과 열은 기어로 연결되어 있어서 전체 열이 같은 방향과 속도로 움직이도록 구성하였다.

치차형 스크린은 1열에 34개, 18열로 총 612개의 치차로 구성하였다. 이렇게 구성된 모델은 회전속도에 따른 소요 구동력을 추정하는데 사용하였다. 그러나 치차당 입자의 접촉을 정의하는 것이 너무 많아서 입자 거동에 해석이 어려워 실제 분리 성능을 평가하는 모델은 1열에 3개, 18열로 총 54개의 치차로 구성된 모델을 사용하였다(Fig. 2). 입자모델은 크기가 7mm인 것을 10개 모델링하여 해석하였다.



(a) Gear shape (b) Frontal view of a gear set

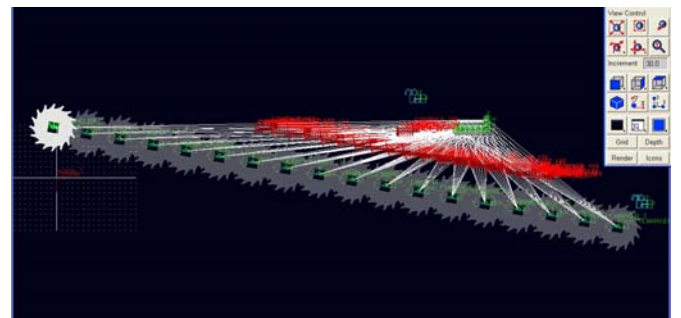
Fig. 1 A basic gear model of the super screen



(a) Entire gear sets



(b) Modified gear sets



(c) Contact definition of gears and particles

Fig. 2 Dynamic model of the super screen

### 3. 결과

수퍼 스크린의 소요 동력은 금속 재질의 치차를 1열당 34개로 부착하고 총 18열을 한 조합으로 하는 스크린에 대하여 계산하였다. Fig. 2 (b)와 같이 직렬로 놓여진 치차열과 열을 ADAM에서 제공하는 기어 연결로 연결하고 왼편의 가장 첫 번째 축을 토크를 주어 구동하였다. 치차 회전속도에 따른 구동력 계산 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 치차의 구동 회전수(rpm)는 60~120까지 10 rpm 간격으로 계산하였다. 구동 토크는 120 rpm일 때 최대 51.6 kW(69.2 HP)가 필요하였다.

계산된 동력은 마찰을 고려하지 않고 순수하게 전체 치차를 구동하기 위한 동력이다. 만일 축베어링의 마찰이 무시할 수 있을 정도로 낮다면 계산된 동력은 치차형 스크린을 구동시킬 수 있는 최소 동력이 되며, 실제 골재를 부어 넣었을 때 치차 사이에 골재가 끼는 등 부하가 걸릴 것을 예상한다면 더 큰 동력이 필요함을 알 수 있다.

속도별 이송 성능을 확인하기 위하여 선별되지 않을 만큼 큰 입자(직경 100 mm)를 모델링하여 60, 90, 120 rpm의 속도로 치차를 구동시켜 이동 상태를 비교하였다(Fig. 4-5). 해석 결과 치차의 회전 속도가 빠를수록 일반 구형상의 over size 이물질은 빨리 배출됨을 알 수 있었다. 이를 통해 입자 선별능력에서도 구동속도가 빠를수록 효과적임을 유추할 수 있다. 스크린의 치차 사이에 입자가 끼어서 치차의 운동을 방해하는 힘을 고려할 때도 동일 조건에서 치차의 회전속도가 높은 것이 관성력도 크기 때문에 영향을 적게 받는다.

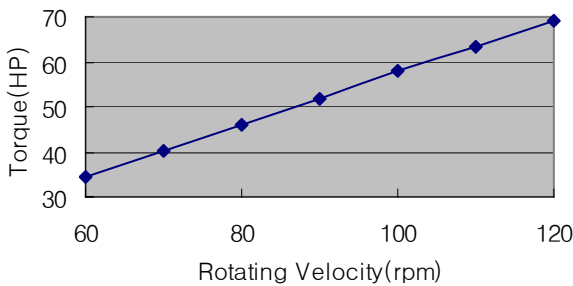


Fig. 3 Comparison of working torque and rotating velocity

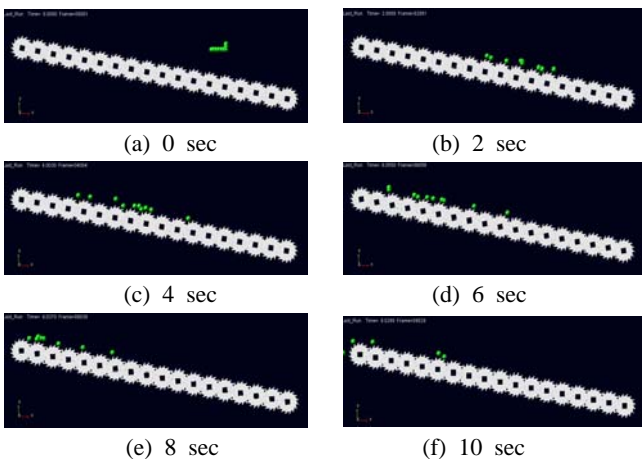


Fig. 4 Separation of oversized particles (60 rpm)

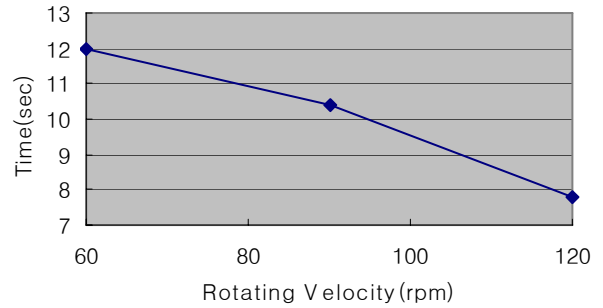


Fig. 5 Separating time for rotating velocity

### 4. 결론

본 연구에서는 치차형 스크린과 입자의 접촉정의를 통해 스크린과 입자간의 동적 거동을 고려하여 그 분리 성능을 예측할 수 있는 모델을 설계하였다. 또한 아직 국내에서는 연구가 미비한 친환경 건설장비의 성능을 예측하여 설계에 반영할 수 있는 연구 방법을 제시하였다. 본 연구를 통하여 치차형 스크린의 경우 치차의 회전속도가 높을수록 분리성능이 좋은 것으로 나왔으며, 회전속도가 높을수록 요구되는 동력도 증가함을 볼 수 있다. 이 두 가지를 적절히 충족시키는 모델을 찾는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

본 연구에서 분리 성능을 평가하기 위해 사용된 모델은 입자와 스크린 사이의 운동을 규명하는데 효율적이며, 개별 입자들의 운동 평가를 통해 스크린의 분리성능을 예측하고 향상시키는데 도움을 준다. 보다 많은 입자수에 대해 입자의 크기와 입자의 상태 즉 습한 상태와 건조한 상태에 따른 분리성능에 대한 연구 등 보다 실질적인 연구들이 계속되어져야 할 것으로 사료된다.

### 후기

본 연구는 산업자원부 2007 지역산업기술개발사업 (공통기술개발사업, 과제번호: 70002177-2007-01)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Soldinger, M., "Influence of Particle Size and Bed Thickness on the Screening Process," Minerals Engineering, Vol. 13, No. 3, pp. 297~312, 2000.
2. 김강국, 김문생, 손권, 김광훈, 문병영, "건설폐기물의 재활용을 위한 분리스�크린의 진동해석," 대한기계학회 춘계학술대회, pp. 802~806, 2007.
3. 송철기, "기구학 및 동역학 해석을 위한 ADAMS," 도서출판 인터비전, 2003.
4. Soldinger, M., "Interrelation of Stratification and Passage in the Screening Process," Minerals Engineering, Vol. 12, No. 5, pp. 497~516, 1999.