

신복합 Gutter Type Roll Crusher 장치개발 Development of Gutter Type Crusher Materials and Process in Manufacturing.

*#박중언¹, 권혁준¹, 성주환¹, 안석태¹, 안선희².

*#J. U. Park¹(red8393@nate.com), H. J. Kwon¹, J. H. Sung, S. T. Ahn¹, S. H. Ahn².

¹(주)대호에코텍 기술연구소, ²(주)대호에코텍 대표이사.

Key words : Roll crusher, Concrete, Recycle, Gutter .

1. 서론

최근 건설구조물의 해체공사에서 발생하는 폐콘크리트의 재활용은 자원 및 에너지 절약이라는 측면뿐만 아니라 도시 주거환경 파괴의 주역이라는 관점에서 그 처리 및 재활용 처리가 국가적 문제로 대두되고 있다. 이러한 필요성에 의해 폐콘크리트에서 고품질 순환자원으로 생산할 수 있는 장치 개발이 절실한 상황에서 국내 건설폐기물 생산 및 처리과정에서는 대부분 평롤의 적용하므로써 롤의 마모 현상이 중앙에 집중되는 편마모현상 심화로 강성의 골재 투입시 생산성 및 효율성이 급격히 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 롤의 내구성과 효율증대를 위해 새로운 형태, 신 개념의 파쇄기를 개발을 하고자 한다.

2. 연구내용

본 연구에서는 폐콘크리트의 파쇄를 위한 파쇄장치의 핵심부품인 거터 타입 롤에 대해 다루었으며, 롤의 형상변형을 살펴보기 위해서 해석결과와 반력을 구조해석의 하중 조건으로 부여하여 롤의 회전에 따른 강도해석을 수행하고 롤에 대한 성능평가 및 공정조건을 위해서 유한요소해석을 평롤과 거터롤에 대해 비교평가를 하였다. 롤의 마찰력 평가를 위해서는 이와 비례관계를 가지는 콘크리트의 마찰에너지를 관찰하였으며, 롤의 파쇄력을 평가하기 위해서는 콘크리트 파쇄 시의 롤의 반력을 관찰하였다.

거터 롤에 대한 공정조건의 결정을 위해서 회전속도와 롤 간의 갭을 공정변수로 하였고, 적정 회전속도를 결정하고 적정 갭을 결정하였으며, 성능평가와 공정조건의 결정 기준에 있어서 콘크리트 크기와 롤 간의 갭을 다르게 설정하여 유한요소 해석을 실시함으로써, 롤 크러셔의 생산성과 수명 및 사용용량 기준으로 거터 롤의 성능평가와 적정 공정조건을 결정하였다.

Table 1 Concrete Model Mass Balance.

| Modulus Elasticity [Gpa] | Shearing Force [Gpa] | Compressive Strength [Mpa] | Density [t/m ³] | Max. Strain Rate | Poisson's Ratio | Friction Factor |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 25 | 10 | 30 | 2.5 | 0.003 | 0.2 | 0.5 |

3. 유한요소해석

롤의 표면에 발생하는 변형율과 단위체적당변형에너지 등과 같은 성능 및 효율성 평가를 위해 평롤과 거터롤에 대해 각각 유한요소해석을 실시한다. 사용된 Solver 는 LS-Dyna 3D 이다. 입력물성치에 의해 주어지는 압력에 따라 파쇄되는 형상을 나타낼 수 있도록 Eroding Solid 요소를 사용하였다. 또한 요소들이 파쇄 된 이후에도 롤과의 접촉을 유지할 수 있도록 접촉조건을 부여하였다.

이러한 콘크리트 모델의 물성은 표 1 과 같다. 콘크리트 모델을 대상으로 한 롤크러셔의 파쇄 성능비교를 위하여 기존의 롤크러셔 형상인 평 롤과 개발모델인 거터타입 롤크러셔 유한요소 모델링을 적용하여 대상물 파쇄조건 및 성능최적조건을 검토하였다. 이 때 적용하고자 하는 각각의 롤 크러셔의 모델링은 그림 1 과 같다. 각각의 롤의 성능조건의 검토를 위해 10rpm, 30rpm, 60rpm 으로 초기 콘크리트의 위치에서 롤의 질량중심에 대해 회전하도록 설정하였다. 또한 롤은 강체로 정의하여 변형이 없는 것으로 가정하였

으며, 파쇄 후 생산골재 크기에 따라 갭의 크기를 10mm, 13mm, 15mm 로 하였다.

파쇄되는 콘크리트는 중력을 고려하였으며, 초기 위치의 설정은 콘크리트가 롤 사이에 접촉되게 하여 롤에 의한 댄핑 현상을 무시하는 것으로 가정하였다.

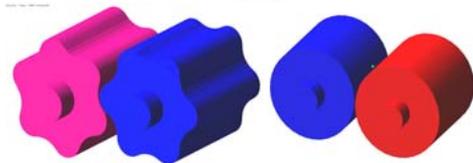


Fig. 1 Roll 3D Modeling.

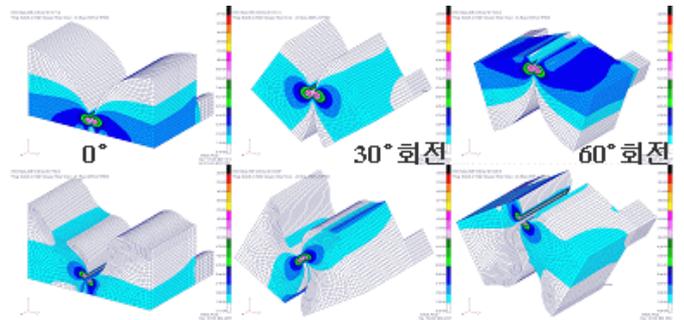


Fig. 2 General Roll and Gutter Type roll Von mises Stress.

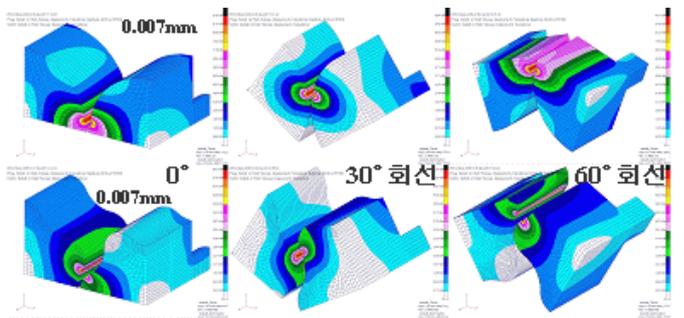


Fig. 3 General Roll and Gutter Type roll Von mises Strain.

4. 유한요소해석 결과

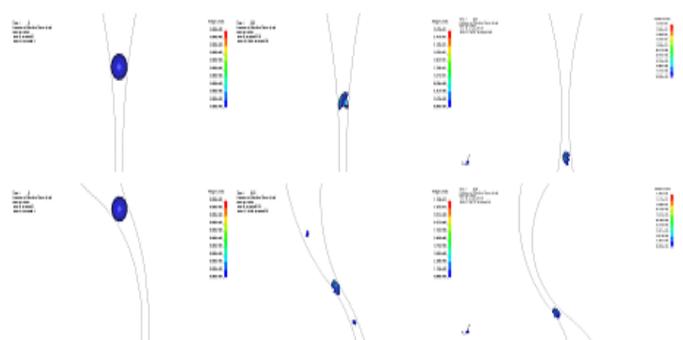


Fig. 4 Concrete Crushing Process Finite Element Method.

콘크리트파쇄시 물에 작용하는 힘은 평롤 약 355N, 거터롤 269N이다. 물에 초기작용력에 약 4 배를 해당하는 힘을 부여하여 일반롤은 1429N, 거터롤은 1040N(길이방향하중부여수)으로 해석을 수행한 결과 거터롤에서 발생응력이 1.9Mpa, 일반롤은 1.6Mpa, 발생변위는 각각 0.0007mm 로 롤러의 재질이 크롬강으로 항복강도에 비해 발생응력이 미비하였으므로 물의 강도 및 내구성에는 영향을 없으므로 판단된다. 콘크리트 유입시 작용하는 마찰력을 평가하기 위해서, 이와 비례관계를 가지는 마찰에너지를 검토하였다. 평롤의 경우, 마찰에너지가 거의 나타나지 않는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트가 물 사이로 유입될 만큼의 힘을 받지 못하여 파쇄가 되지 않기 때문이다. 이와는 달리 거터롤의 경우 마찰에너지가 증가하는 것을 알 수 있는데, 이는 중력의 작용 없이도 물 사이로 유입되어 파쇄가 되고 있음을 나타낸다. 그림 3 에서 알 수 있듯이 평롤에 비해 거터롤이 마찰에너지가 크게 나타나고 있으며, 이는 평롤의 경우, 콘크리트가 해석초기에 유입되지 않고 있다가 유입이 시작되면 잠시 동안 마찰계수에 의해 회전을 하기 때문에 물에 발생하는 상대 마찰력이 모두 강제회전에 의한 운동에너지로 변환되기 때문이다.

그림 4 는 롤 간 갭의 크기가 10mm 이고, 각각 10rpm, 30rpm, 60rpm 으로 물이 회전할 때, 물의 형상에 따른 초기 파쇄형상을 나타내고 있다. 콘크리트 파쇄 시 물의 반력을 통한 평롤과 거터롤의 파쇄양상을 평가한 결과 그림 5 와 같이 평롤의 경우 최대 약 355N(36kgf), 거터롤의 경우 최대 약 260N(26.5kgf)을 나타내고 있으며, 파쇄 초기에 대부분의 파쇄가 이루어지고 있는 것으로 나타난다. 평롤의 경우, 좌우 방향으로 힘이 작용되고, 거터롤의 경우에는 좌우 방향뿐만 아니라 상하 방향으로도 힘이 가해진다. 이는 파쇄 되는 콘크리트에 힘이 서로 다른 방향에 걸쳐 작용함으로써 파쇄 초기에 적은 힘으로 콘크리트의 내부모멘트를 발생과 전단에 의한 파쇄를 쉽게 할 수 있는 장점을 가지게 된다.

콘크리트의 내부에 발생하는 모멘트와 전단에 의한 파쇄 물에 가해지는 힘이 감소하여, 물의 수명연장 및 전체적인 파쇄장비의 용량을 감소시킬 수 있을 것으로 사료 된다. 적정회전속도 결정을 위하여 갭의 크기가 10mm 일 때, 물의 분당회전수에 대한 해석을 실시하였으며, 물의 반력과 마찰에너지로 선정하였다. 그림 6 에서 물의 회전속도에 따른 반력의 크기는 약 260N(26.5kgf)으로 거의 비슷한 수준을 나타내고 있으며, 최고 반력의 발생은 속도가 빠를수록 빨리 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 콘크리트의 파쇄가 발생하는데 필요한 반력은 일정하고, 다만 물의 회전속도에 따라 그 시기가 달라지기 때문이다.

또한 그림 6 은 분당회전수에 따른 마찰에너지와 반력에 대해 나타내고 있으며, 그 결과 물의 회전속도가 빠를수록 마찰에너지가 크게 나타나는 것으로 파악되고 있으며, 이는 회전속도가 빠를수록 콘크리트의 자가 유입이 쉬워지고 생산성이 향상된다는 것을 의미하게 된다. 마찰에너지는 60rpm 이 월등히 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 물의 회전 속도에 따른 최대 반력 및 최대 마찰에너지를 나타내고 있다. 그림 8 은 적정갭을 결정하기 위하여 앞서 물의 적정회전속도로 결정된 60rpm 을 적용하고, 갭에 따라 해석을 실시한 것으로, 마찰에너지는 갭의 크기가 10mm 와 13mm 사이에서는 콘크리트가 하나 이상의 방향에서 힘을 받아 내부모멘트가 쉽게 발생하여 전단파괴가 쉽고, 그 이상인 15mm 에서는 한쪽 방향, 즉 콘크리트와 물의 접촉면에 대한 수직방향으로 힘이 집중되어 전단파괴가 쉽게 일어나지 않기 때문인 것으로 판단된다. 마찰에너지는 월등히 크게 나타나므로 콘크리트 파쇄성능 및 생산성에서 적당한 갭 크기임을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 콘크리트 파쇄에 있어서 기존의 평롤을 개선하여 물에 대한 성능평가와 공정조건의 결정을 위해서 유한요소 해석을 실시하였다.

1. 마찰에너지는 거터롤이 평롤에 비해 월등히 많이 나타나며 이는 마찰력이 큰 거터롤이 콘크리트의 미끄러짐이 적고, 그로 인해서 물간의 인위적인 버킷 생성으로 유입이 유리하게 되므로 파쇄 속도 즉, 생산량이 평롤에 비해서 크다는 것을 의미하게 된다.
2. 거터롤이 평롤에 비해서 반력이 작게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 거터롤이 콘크리트를 파쇄할 때 콘크리트에 각기 다른 두 방향으로 힘을 가하여 전단을 쉽게 발생시키기 때문인 것으로 나타난다. 이러한 거터롤의 반력 감소효과로 인해서 물의 수명연장 또는 파쇄장비의 용량감소를 기대할 수 있다.

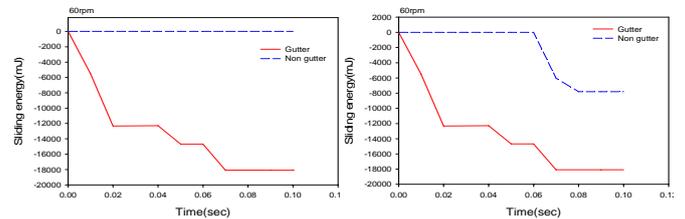


Fig. 5 Concrete Crushing Sliding Energy.

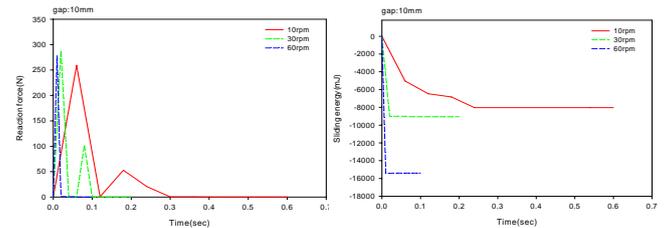


Fig. 6 Rotation Speed Accompany Reaction Force and Sliding Energy.

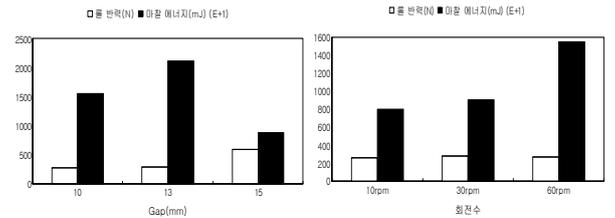


Fig. 7 Roll Reaction Force and Sliding Energy.

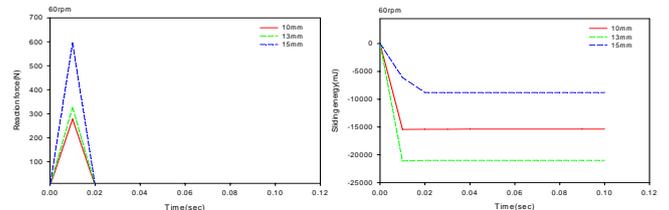


Fig. 8 Roll Gap Chang. (Reaction Force and Sliding Energy)

참고문헌

1. 이세현, “건설폐기물의 재활용 및 발전 방향” 한국건설순환자원학회지, vol.1,no.1,pp58-62,2005.
1. 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001.
2. 이종선, 임진섭, “폐목재 파쇄기에 대한 설계 및 구조해석”, 2004 한국산학기술학회 추계학술발표논문집, pp. 80~82,2004.