

# 폐콘크리트로부터 순환골재 생산하기 위한 2-roll 파쇄기 장치개발 2-roll rusher stem Development for irculation tone produce of aste oncrete

\*#박중언<sup>1</sup>, 권혁준<sup>1</sup>, 성주환<sup>1</sup>, 안석태<sup>1</sup>, 안선희<sup>2</sup>

\*# J. U. Park<sup>1</sup> (red8393@nate.com), J. H. Sung<sup>1</sup>, H. J. Kwon<sup>1</sup>, S. T. Ahn<sup>1</sup>, S. H. Ahn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (주)대호에코텍 기술연구소, <sup>2</sup> (주)대호에코텍 대표이사.

Key words : Roll crusher, Recycle, Gutter .

## 1. 서 론

건설공사 및 토목구조물의 구조해체 공사시에 발생하는 건설폐기물로 인해 환경오염이 유발되며 폐콘크리트의 처리에 문제가 심각한 실정이다. 따라서 건설폐기물의 관리와 재활용에 대한 관심도 증가되며 최소방안으로 폐콘크리트를 이용하여 순환골재 생산하고 있다. 건설 공사시 순환골재의 의무사용을 정부차원에서 제정하여 건설폐기물의 순환골재의 수요율이 증가할 것으로 예상된다. 폐콘크리트에서 순환골재를 생산하기 위해서는 분류, 선별, 파쇄공정이 수반되어야 하며 생산공정기술의 연구개발에 대한 필요성이 절실히 요구된다.

## 2. utter Roll 개발의 필요성 및 연구내용

국내 건설폐기물재활용업체에서는 종래의 석산용 장치를 폐콘크리트 순환골재생산하기 위해 일부 또는 부분 개량하여 사용하는데 Efficiency 및 Durability 저하로 Roll 의 마모 현상이 중앙에 집중되어 A side development 발생하며, productivity 및 Machine efficiency 이 급격하게 저하되는 현상을 보이고 있어서 종래의 General roll Crusher 에서 벗어나 High Efficiency 적인 장치개발이 절실하게 필요하다.

Gutter Roll Crusher 로 콘크리트 파쇄시 Roll 의 Deflection 및 Rotation 에 의한 일정한 Crushing strength 을 유지하기 위해 중앙부를 대폭 수정하였으며 shearing stress, Compressive stress 증가시켜 생산량을 증가시키기 위해 폐콘크리트 순환골재를 생산하기 핵심장치인 Gutter Roll Crusher 개발하고자 한다.

## 3. Roller 의 구조해석 및 성능평가

Roll Crusher 설계타당성과 안정성을 검증하기 위하여 Roll 형상변경에 따른 Structural analysis 을 하였다. LS-dyna 의 analysis 결과의 reaction force 을 Structural analysis 의 Road Condition 으로 부여하고 Roll rotation 에 따른 Strength 와 strain 및 Stress distribution 를 계산하였다. 파쇄공정에 있어서 문제를 일으키지 않는 범위에서 Deformation 일어나는지 yield breaking 의 위험은 없는지 검증하였다. 또한 장치의 완성 후 또한 장치의 완성 후 Design Safe working load 파쇄

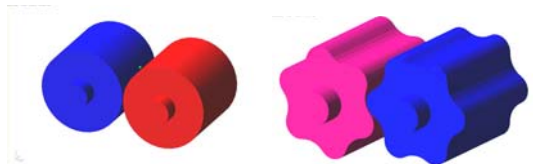


Fig. 1 General Roll and Gutter Type roll 3D Modeling.

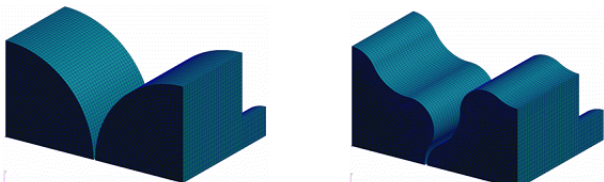


Fig. 2 Finite Element Mesh of General Roll and Gutter Type Roll

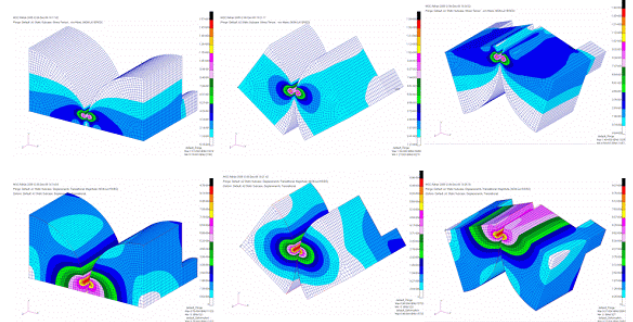


Fig. 3 General Roll Von mises Stress and Strain

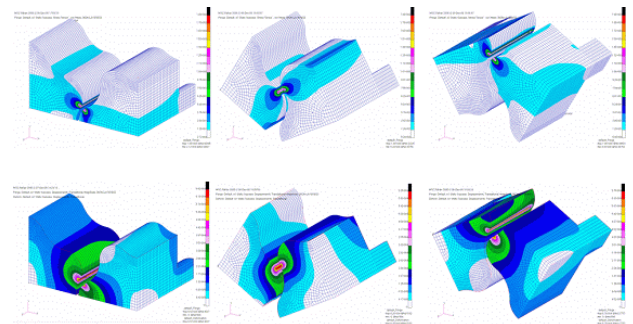


Fig. 4 Gutter Type Roll Von mises Stress and Strain

중에 힘이 가해졌을 때 설계에 따라 장치가 견딜 수 있는지 Deformation 양상은 어떠한지를 살펴보았다. Gutter Roll 의 Stress analysis 을 위해 상용 유한요소 해석프로그램을 사용하였다. 그림 1 에서 보는 것과 같이 General roll 과 Gutter Roll type roll 전후 좌우대칭 현상을 갖고 있으므로 1/4 모델의 analysis 하여도 충분하게 된다. 이러한 축 대칭성을 고려함으로 계산시간을 75% 이상 절약할 수 있다.

실제 analysis 에 사용된 Analysis model 과 Model 을 유한요소해석격자로 분할한 모습을 그림 2 에 나타내었다. LS-dyna 의 analysis 결과 General roll 의 콘크리트 파쇄시 약 355N, Gutter Roll Roller 의 콘크리트 파쇄시 약 260N 의 힘이 Roll 에 작용하였다. Roll 의 초기작용력의 약 4 배에 해당하는 힘을 부여하여 General roll 은 1420N, Gutter Roll 은 1040N 으로 analysis 을 수행한 결과, Stress 가 General roll 은 1.6MPa, Gutter Roll 은 1.9MPa, 발생변위는 모두 0.007mm 로 나타났다. 따라서 Roller 의 재질이 Nickel chrome steel 으로 Yield strength 에 비해 Stress 미미하므로 Roller Strength 및 Durability 에는 크게 영향이 없는 것으로 판단된다.

General roll 과 Gutter Roll type 의 성능평가를 위해 유한요소해석하여 General roll 과 Gutter Roll type 을 비교하였다. 먼저 콘크리트의 유입 시 작용하는 Fictional force 을 평가하기 위해, 이와 비례관계를 가지는 Fiction energy 를 검토하였다. 그림 5 에서 Gravity 을 무시하였을 경우 General roll 은 Fiction energy 가 거의 나타나지 않았으나, Gutter Roll 은 Fiction energy 가 증가하였는데, 이는 Gravity 이 없어도 Roll 사이로 콘크리트가 자가 유입되고 있음을 나타낸다. Gravity 의 크기를 1/10 으로 가정하였을 때 General roll 에 비해

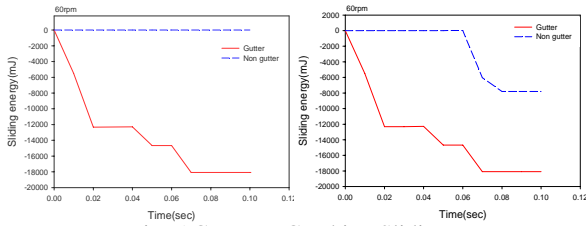


Fig. 5 Concrete Crushing Sliding Energy.

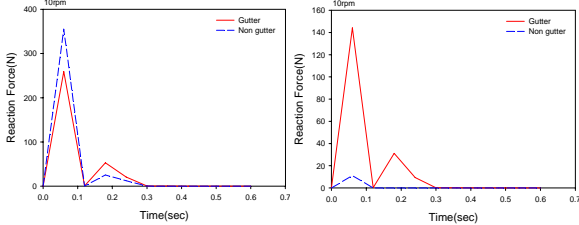


Fig. 6 Concrete Crushing Reaction Force.

Gutter Roll 이 Friction energy 가 크게 나타나고 있으며, 발생시기 또한 빠른 것으로 알 수 있다. 이는 General roll 의 경우, 콘크리트가 analysis 초기유입이 되지 않고 있다가 유입이 시작되면 잠시 동안 Friction factor 의해 Rotation 을하기 때문에 Roll 에 발생하는 상대 Frictional force 이 모두 강제 Rotation 에 의한 운동에너지로 변환되기 때문이다. 따라서 Frictional force 에 의한 자가 유입이 원활한 Gutter Roll 이 General roll 에 비해 콘크리트의 파쇄 및 productivity 이 우수 할 것으로 판단된다. 그림 6 에서 콘크리트 파쇄 시 Roll 의 Reaction force 을 통한 General roll 과 Gutter Roll 의 파쇄양상을 평가하였다. General roll 의 경우 최대 약 355N(36kgf), Gutter Roll 의 경우 최대 약 260N(26.5kgf)을 나타내고 있으며, 파쇄 초기에 대부분의 파쇄가 이루어지고 있는 것으로 나타난다.

General roll 과 Gutter Roll 의 상하방향 Reaction force 은 General roll 의 경우 최대 Reaction force 이 약 11N(1.1kgf), Gutter Roll 은 약 144N(14.7kgf)으로 나타난다. 이는 파쇄초기에 General roll 이 Gutter Roll 에 비해 Roll 의 Reaction force 이 크게 나타나는 원인이 되며, General roll 의 경우 x 방향 즉 좌우방향으로 힘이 작용되고, Gutter Roll 의 경우에는 좌우 방향뿐만 아니라 z 방향 즉 상하 방향으로도 힘이 가해진다. 이는 파쇄되는 콘크리트에 힘이 서로 다른 방향에 걸쳐 작용함으로써 파쇄 초기에 적은 힘으로 콘크리트 Internal moment 의 발생과 전단에 의한 파쇄를 쉽게 할 수 있는 장점을 가지게 된다.

Gutter Roll 의 파쇄조건을 결정하기 위해 Roll 의 Rotation speed 와 Roll Gab 에 대하여 평가하였다. Gutter Roll 의 적정 Rotation speed 결정을 위하여 Gab 10mm 일 때, Roll 의 Rotation speed (10, 30, 60 rpm)에 대한 Analysis 을 실시하였다. 그림 7 에서 Roll 의 Rotation speed 에 따른 Roll 의 Reaction force 은 약 260N(26.5kgf)로 거의 비슷한 것을 알 수 있고, Roll 의 Friction energy 는 Rotation speed 가 빠를수록 크게 나타나며, 이는 Rotation speed 가 빠를수록 productivity 이 향상된다는 것을 의미한다.

Gutter Roll 의 적정 Gab 을 결정하기 위해 앞서 Roll 의 적정 Rotation speed 결정된 60rpm 을 적용하여 Gab 크기(10, 13, 15mm)에 대한 analysis 을 하였고 그림 8 에서 Roll 의 Reaction force 는 Gab 크기가 10mm 일 때 약 277N(28kgf), 13mm 일 때 약 289N(29kgf), 15mm 일 때 약 596N(61kgf)를 나타내며, 이는 Gab 크기가 증가함에 따라 Crushing strength 이 증가됨을 알 수 있다. Friction energy 는 Gab 크기가 15mm 일 때 가장 적었고 13mm 일 때 가장 크게 나타난다. Roll 의 Reaction force 은 Gab 의 크기가 10mm, 13mm 가 거의 비슷하게 나타났지만 Friction energy 는 13mm 일 때 월등히 크게 나타나므로 적당한 Gab 크기는 13mm 임을 알 수 있다.

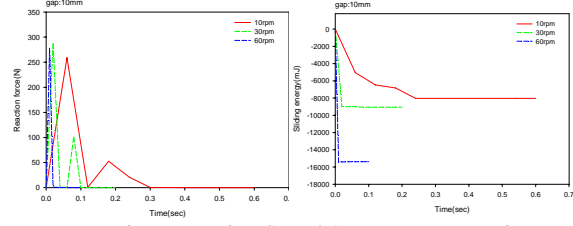


Fig. 7 Rotation Speed Accompany Reaction Force and Sliding Energy.

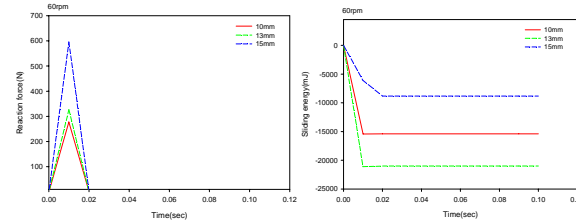


Fig. 8 Roll Gap Chang. (Reaction Force and Sliding Energy)

#### 4. utter Roll 의 설계 및 실험장치 제작

Gutter Roll Crusher 제작을 위한 Structural analysis 및 Process analysis 을 통하여 폐콘크리트를 이용한 순환골재 Production system 을 제작하기 위한 실험장치를 설계, 제작 하였다. Gutter Roll Crusher 제작을 위해서는 Crusher 의 성능에 영향을 주는 각종요소부품인 Crusher roll, Bearing, housing 및 간격(Gap)조정장치의 구조, Transmission system 등의 구성 요소에 대한 설계한 후 Gutter Roll type crusher 는 주강 프레임 구조로 제작을 하였고 Roller 는 고하중 고속에 견디고 또 장시간에 걸쳐 높은 Rotation precision 유지하도록 하였으며 그림 9 와 같이 Gutter roll type 실험장치를 제작하였다.

Motor power 을 Roll 에 전달하기 위해 Motor, coupling, decelerate, Spindle, Roll Coupling 등의 기계요소를 Roll crusher 에 요구되는 기능에 따라 설계하여 Roll 구동계를 구성하였고, Crusher 의 조작스위치는 기계의 Auto-run, Manual maneuver 으로 하여 Control s/w 조작에 의해 이루어지게 하였다.



Fig. 9 Body and Roll of Gutter Type Roll Crusher

#### . 결 론

본 연구에서는 폐콘크리트의 순환골재 생산하기 위해 기존의 일반적인 General roll 을 개선하여 Gutter Roll Crusher analysis 을 실시한 결과 Crusher Roll 의 Design Demonstrate the superiority 및 Safety 입증 하였고 유한요소해석을 통해 Frictional force 에 의한 콘크리트의 자가 유입이 원활한 Gutter Roll 이 General roll 에 비해 처리용량이 크고 순환골재의 productivity 우수할 것으로 판단되며, Reaction force 은 General roll 보다 Gutter Roll 이 작게 나타나는데 이는 Gutter Roll 이 좌우 방향뿐만 아니라 상하 방향으로도 힘이 가해지기 때문이다. Gutter Roll 의 Reaction force 감소로 인해 Roll 의 수명연장 및 전체적인 Plant size 를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 안선희 “건설폐기물자원화 시스템 및 재활용 개선방안” 한국건설순환자원학회 Vol.2 No.1 pp.5~12, 2006.