

모바일 크러셔 시스템 기술 개발

Technical development of Mobile Crusher System

이창선 · 이호연 · 강범준

Chang Sun Lee·Ho Yeon Lee·Beom Jun Kang

1. 서 론

채석장, 광산, 도로공사 현장 등에서 발생하는 암석이나 건설 폐기물 현장의 폐 콘크리트를 파쇄하여, 규격 골재를 생산하는 장비를 크러셔(crusher)라고 한다. 크러셔는 이동 방식에 따라 정치식, 견인식, 자주식으로 나뉘고, 또한 파쇄 방식에 따라 자이러토리(gyratory), 죠(jaw), 콘(cone), 임팩트(impact), 밀(mill) 등으로 나뉜다.

광산업이 활발하게 진행되던 1800년대 중반 죠 크러셔(정치식)의 개발을 시작으로 자이러토리 크러셔, 콘 크러셔 등이 순차로 개발되었고, 암석의 이동을 대신하여 유지관리 비용을 절감할 수 있는 모바일 크러셔가 개발되었다. 초창기 모바일 크러셔는 아래 그림 1과 같이 별도의 컨베이어 장치와 함께 채석장이나 광산에서 주로 사용되었는데, 이후 강력한 힘을 요구하는 유압식 건설기계의 등장과 함께 유압 구동식으로 발전하여 수시로 이동이 필요한 도로공사 현장, 건설 폐기물 현장, 전기가 들어오지 않는 오지 현장 등에 활용된다.

국내에서 개발된 모바일 크러셔는 220ton/hr급으로 중소형의 단기성 공사규모에 적용되고 있으며, 1차 파쇄 공정(죤 크러셔)과 2차 파쇄 공정(콘 크러셔)만 개발된 상태이다. 선별 공정이 없다보니 규격 골재의 생산이 어려워 도로나 철로 공사현장에서 필요한 기층이나 보조기층의 재료인 혼합석만 공급하고 있는 실정이다.



Fig 1 Mobile crusher in quarry



Fig. 2 Mobile crusher for non-stop aggregate production

본 논문에서 소개하고자 하는 모바일 크러셔는 국내에서도 개발되어 현장에서 운영되고 있는 장비로서 원석의 공급과 파쇄된 골재의 배출까지 일련의 공정이 무한궤도 식 트랙(track)을 갖춘 차체에 장착된 하나의 플랜트(plant)로써 그 용도에 따라서도 분류를 한다. 본 논문에서는 가장 많이 사용되는 1차 파쇄용인 모바일 죤 크러셔와 2차 파쇄용인 모바일 콘 크러셔(그림 2)에 대한 소개 및 모바일 크러싱 시스템에 대한 스마트화에 대한 전망에 대해서 기술하고자 한다.

2. 모바일 죤 크러셔 핵심 기술

모바일 죤 크러셔(mobile jaw crusher)는 죤 크러셔의 규격에 따라 차이가 있지만 대략 300~600mm 크기의 원석을 1/4~1/6 정도의 파쇄비로 작게 부수는 1차 파쇄용 장비¹⁾이다(그림 3).

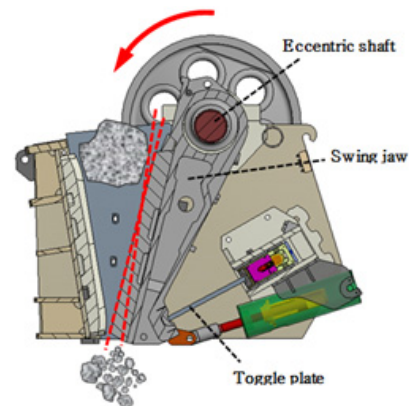


Fig. 3 Crushing principle of jaw crusher

Eccentric shaft의 회전과 Toggle plate의 지지위치에 의한 Swing jaw의 ‘8’자 모양 운동으로 역삼각형 형상의 파쇄실 상부에서 하부로까지 공간을 좁히고 넓히는 동작을 반복하면서 파쇄가 이루어진다.

원석의 공급/파쇄/배출 속도의 균형이 효율적인 장비 운영을 결정짓는 중요한 요소이고, 그 중 파쇄 속도가 최대 생산량의 기준이 된다. 공급되는 원석 중에는 파쇄 간극(CSS, Closed Side Setting)보다 작은 크기의 암석이나 철재 류 등이 혼입될 수 있는데 원활한 파쇄와 배출(다음 공정으로의 공급)을 위해 불필요한 혼입물을 처리할 수 있는 선별기를 설치할 수도 있다.

모바일 조 크러셔(그림 4)는 골재 생산 과정에서 2차 파쇄 공정의 선(先)공정으로의 역할도 있지만 도로포장의 다짐용이나 게비온석(gabion), 건설폐기물 처리 등의 조 크러셔 단일 공정으로의 역할도 가능하여 각종 도로공사 현장, 재건축 현장에 투입되어 활용되고 있다.

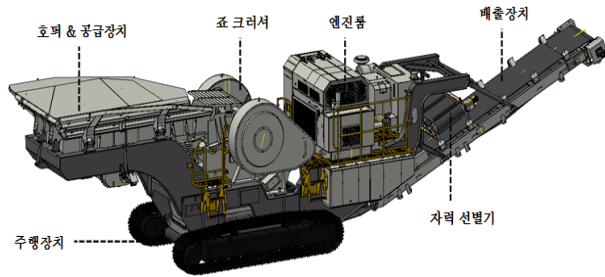


Fig. 4 Main configuration of the mobile jaw crusher

3. 모바일 콘 크러셔 핵심기술

모바일 콘 크러셔(mobile cone crusher)는 대략 100~200mm 크기의 파쇄석을 1/5~1/7 정도의 파쇄비율로 작게 부수어 골재를 생산하는 2차 파쇄용 장비이다.

Eccentric의 회전에 의한 Main shaft와 Mantle assembly의 편심 회전운동으로 콘(cone) 형상의 파쇄실 상부에서 하부로까지 공간 너비(gap)를 반복해서 변화시키면서 파쇄가 이루어진다(그림 5). Main shaft가 회전할 때 Mantle의 밑면은 상대면과 미끄럼 회전 운동을 하면서 마찰을 하게 되는데, 마찰력과 그에 따른 열 발생을 줄이기 위해 별도의 윤활유 공급 장치가 필요하다.

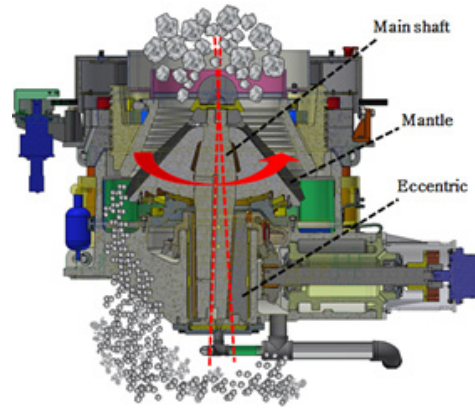


Fig. 5 Crushing principle of cone crusher

모바일 콘 크러셔(그림 6)는 모바일 조 크러셔의 후(後)공정으로 1, 2차 파쇄 공정의 최대 생산량을 결정한다. 콘 크러셔로부터 생산된 골재는 혼합석이라 칭하여 콘 크러셔의 파쇄 간극을 기준으로 크고 작은 다양한 크기의 골재가 혼합되어 있다. 혼합석은 도로공사에서의 아스팔트나 콘크리트 포설 전에 기층이나 보조기층, 동상방지층 등으로 사용할 수 있고, 별도의 스크린 공정을 통해 크기별로 분류된 규격 골재로 선별되면 각종 토목/건설 산업의 주요 재료인 아스콘이나 레미콘의 자재로 활용된다. 또한 후 공정으로 3차 파쇄용 크러셔와 샌드 플랜트(sand plant)를 연계하여 모래 생산에 활용할 수도 있다.

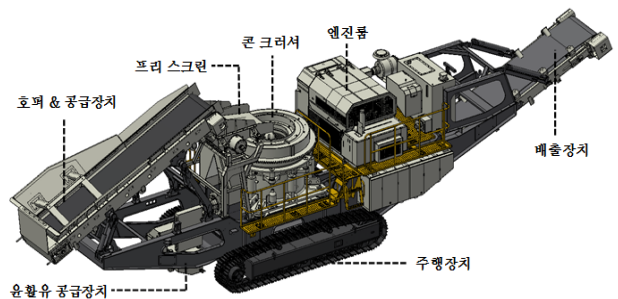


Fig. 6 Main configuration of the mobile cone crusher

4. 크러싱 플랜트 전망

세계 건설/광산장비의 시장은 2012년 이후 침체기를 벗어나 꾸준한 회복/성장세를 타고 있으며 파쇄 및 선별장비를 비롯한 특수 목적형 장비 또한 그 수요와 공급, 개발이 증가하고 있는 추세이다. 2023년도의 세계 모바일 크러셔 시장은 약 3.3조 원으로 예상되며, 2029년도까지 연평균 7.8%의 지속적인 성

장을 전망²⁾하고 있다.

현재 CP시장의 규모는 약 4:1의 비율로 전통방식인 정치식 플랜트가 우위지만 운영의 효율성이 강조되면서 점차 모바일 크러싱 플랜트의 공급이 늘어나고 있는 추세이다.



Fig. 7 Smartization of mobile crushers

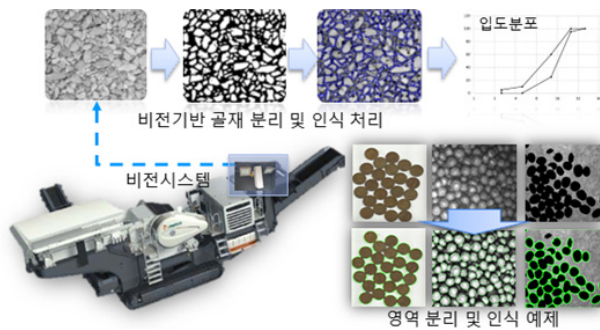

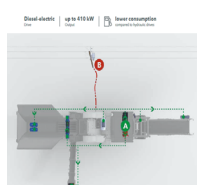
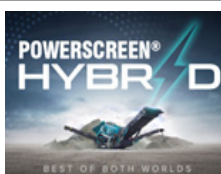



Fig. 8 Quality monitoring system for production aggregate

Table 1 Advanced crusher products

| Metso | Kleemann |
|--|--|
|  <p>ICT(Telematics)</p> |  <p>Electric Power</p> |
| Terex | Sandvik |
|  <p>Hybrid Power</p> |  <p>ICT(Telematics)</p> |

세계 크러셔 시장을 주도하고 있는 유럽, 미국의 선진사들은 폭 넓은 시장 확보를 위해 소/중/대형 급의 CP Line up을 갖추고 있고, 자동차나 항공 산업에서 적용하고 있는 ICT^{3,4)}, AI, Dual power 또는 Hybrid 등 최신 기술이 접목된 중대형 모바일 크러싱 플랜트 개발을 활발하게 진행하고 있다(그림 7, 8, 표 1). 또한, CP시장은 운영 1세대에서 2세대로의 전환기를 맞고 있으며 그 연령층이 낮아지고 노후 된 예전 기술의 장비보다는 신기술이 접목된 새로운 모델을 선호하고 있다.

모바일 크러셔는 기존의 정치식 크러셔 대비 우수한 기동성으로 유지보수 절감을 위해 개발되었고, 유압과 전자제어 시스템의 접목으로 생산성도 과거에 비해 월등히 좋아졌다. 또한 세계 유수의 크러셔 제작 선진사들은 원격관리 시스템의 개발, 생산 골재의 입도 분석을 위한 비전 분석 시스템 개발, Dual power 시스템 개발 등 파쇄 공정뿐만 아니라 선별 공정을 포함한 크러싱 플랜트(crushing plant) 전체의 효율을 극대화하기 위한 기술개발에 초점을 맞추고 있다.

4. 결론

국내의 모바일 크러셔 개발 기술은 아직 선진사와의 격차가 있지만, 빠른 속도로 그 차이를 줄여가고 있고, 지속적인 투자와 개발을 통해 세계 시장으로의 진출에 도전해야 할 것이다. 세계의 모바일 크러싱 플랜트 시장을 리드하는 유럽이나 미국의 선진 기업들에 비해 대한민국 기업의 네임벨류(name value)가 약세인 것은 현실이다. 그러나 건설기계를 대표하는 굴착기나 로더, 지게차를 비롯하여 각종 특수 목적형 건설기계를 생산하는 제조업 강국, IT업 강국의 산업 전반에 자리 잡고 있는 개발 인프라를 기반으로 세계 유수의 기업들과 동등한 위치에서의 경쟁이 가능하다.

모방이나 단순 국산화의 수준을 넘어 독보적인 기술자립을 통해 그 동안 진입하지 못했던 미개척 시장 진출의 기회를 얻을 수 있을 것이다. 현재 국내에서도 최신기술의 접목을 통해 생산효율, 안전효율, 관리 효율성을 향상 시킬 수 있는 방향으로 연구 활동이 활발하게 진행되고 있으므로 선진사 제품 이상의 성능을 가진 모바일 크러셔 개발이 이루어

어 질것으로 기대하고 있다.

후 기

본 연구는 기계장비산업기술개발사업 (제조기반 생산시스템) 지원에 의해 수행됨(과제번호: 20014563)

참고 문헌

- 1) A. K. Shrivastava and A. K. Sharma, "A Review on Study of Jaw Plates of Jaw Crusher", Int. J. Modern Engineering Research, Vol.2, Issue.3, pp.885~888, 2013.
- 2) Transparency Market Research, "Mobile Crushers and Screeners Market (2015~2023)", 2023.
- 3) M. K. Seo and H. Y. Lee, "Development of Aggregate Recognition Algorithm for Analysis of Aggregate Size and Distribution Attributes", Journal of Drive and Control, Vol. 19, No.3 pp.16~22, 2022.
- 4) M. K. Seo, H. Y. Lee, I. H. Park, B. Ha Chang, "Development of a Prototype Monitoring Module for Steel Bridge Repainting Robots, Journal of Drive and Control", Vol.17, No.4, pp.15~22, 2020.

[저자 소개]

이창선

E-mail : eaglego@hanmail.net

Tel : ***-****-****

2003년 충남대학교 기계공학과 졸업.

2005년 수산특장 기술연구소, 2012년~

현재 삼영플랜트(주) 기술연구소 부장



이호연

E-mail : hoyeon0602@koceti.re.kr

Tel : 063-447-2574

2013년 Kobe University 기계공학과 박사.

2014년~현재 건설기계부품연구원 시스템설계연구실 책임연구원. 특수목적장

비 설계 및 최적화, 부품/완성차 테스트



및 피로수명 평가, 소재/부품에 대한 피로파괴 관련 연구.

대한기계학회, 한국정밀공학회, 한국동력기계공학회, 유공압

건설기계학회 등의 회원, NET-NEP 심의위원 및 중소기업기

술진흥원 평가위원 활동

강범준

E-mail : bjkgang@koceti.re.kr

Tel : 063-447-2546

2023년 2월 전북대 기계공학과 박사수료.

2016년~현재 건설기계부품연구원 친환경동력연구실

전임연구원. 전동화 부품/시스템 동역학 해석 기반 구조 안전



성 연구