

Blasting에 의한 철도오염자갈의 재활용 연구

Remediation of Contaminated Ballast Gravels by Blasting Technology

조영민* 박덕신* 최용** 임종일** 이경원**
Cho, Young-Min Park, Duckshin Choi, Yoon Lim, Jong-Il Lee, Kyung-Iwan

ABSTRACT

The remediation of railroad contaminated soil is gaining wide attention, recently. In railroad field, modification of diesel supply field, equipment of roll pad, FRP panel, and iron panel under diesel locomotive storages are used for the prevention of contamination expansions. However, cheap and efficient remediation technology has not been suggested yet. In this study, the contaminated ballast was remediated by blasting technology. Because the contaminants mainly resides on the surface of ballast, blasting these contaminants make it available to recycle the ballast. We carried out the remediation of oil-contaminated ballasts using the blasting technology, and we could remediate them nicely. This technology is expected to be used for the cheap and quick remediation of contaminated ballast.

1. 서 론

1.1 철도토양 오염현황

최근 토양환경보전법이 강화됨에 따라 철도부지의 오염토양에 대한 규제가 구체화되면서, 오염된 철도토양의 복원 사업이 크게 주목받고 있다. 실제로 경부고속철도의 건설에 따른 서울역과 부산역의 증개축 공사에서 오염토양 복원에만 수백억의 비용이 소요되었고, 최근에는 부산의 철도와 당관리단의 오염토양 복원공사에 약 80여억원이 투입되는 등, 앞으로도 이와 유사한 철도 오염토양의 복원사업이 더욱 크게 늘어날 것으로 예상되고 있다.

철도 토양의 주요 오염원은 지하나 지상에 위치한 유류 저장 탱크 및 기관차 급유지역에서의 유류 유출, 철도차량에서 발생하는 연료, 그리스, 윤활유 등의 누유와 낙유, 폐기물 적환장에서 배출되는 침출수, 차량의 정비 시에 발생하는 낙유 및 작업 시에 발생하는 각종 입자상 물질 등으로 그 오염원이 매우 다양하고 광범위하다. 이러한 철도토양오염의 확산 방지를 위하여, 일부 사업장에서는 디젤 기관차의 낙유 감소 정비, 철도차량 정차장에 대한 콘크리트 선치와 FRP 또는 원판 선치, 철도차량 입·출고선의 콘크리트 포장 등을 시행하고 있으나, 이는 궁극적인 해결 방법이 아니라 임시방편에 불과하다. 철도 작업장 및 오염 유방시설들은 밀집해 있지 않고 넓은 지역에 분포되어 있으며, 철도부지의 토양 오염에 대한 기초 자료가 부족하고, 오염도의 파악과 오염원의

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 김희원

** 에이비엘에 (주) (이주)

관리 및 제어에 많은 어려움이 있기 때문에 철도의 토양오염 문제를 해결하는 데에는 앞으로도 많은 시간과 비용이 소요될 것으로 보인다.

현재 국내의 철도 노선의 상당 구간에는 철도용 도상자갈이 사용되고 있는데, 철도용 도상자갈은 선로의 가장 윗부분에 부설되기 때문에 가장 먼저 오염이 된다. 특히 그림 1과 그림 2처럼 철도분기기의 경우에는 상당량의 윤활유가 사용되어 도상자갈을 오염시킨다. 이러한 자갈 표면의 오염물질은 풍력 및 우수 등에 의하여 지속적으로 선로 하단부로 이동하여 노반 및 노반 하부의 토양을 오염시킨다. 이 토양 주위를 흐르는 지하수가 오염되면, 주변 토양도 오염되어 점차 오염지역이 확대된다.



그림 1. 철도용 분기기

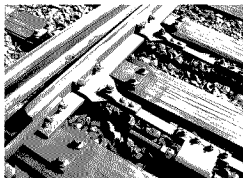


그림 2. 분기기의 윤활유 오염 자갈

1.2 철도자갈 정화 연구의 중요성

현재 오염된 철도자갈의 교체작업 중에 수거된 오염자갈은 매립 형태로 폐기되고 있다. 이 매수거된 철도자갈은 대부분 표면이 심하게 오염되어 있기 때문에 일반폐기물이 아니라 지정폐기물로 지정되어 매립되고 있다. 그러나, 매립된 오염물질은 침출수, 매립가스, 악취 등의 형태로 계속해서 장기적으로 환경에 악영향을 미치게 되므로 매립보다는 오염물질의 분리 및 처리가 필요하다. 점차 매립장 부족 현상이 심화되고 있으며, 이에 따라 매립비용 단기도 지속적으로 상승하고 있기 때문에 매립이 아닌 다른 처리 방법의 필요성이 점차 부각되고 있다. 아울러 도상자갈의 교체를 위해서는 선자갈이 필요한데, 선자갈의 확보를 위해서 산란 및 생태계 파괴가 계속되고 있다. 그러나, 정부의 산란 규제 강화와 환경단체 및 국민들의 생태계 파괴에 대한 반대 여론 등으로 인하여 선자갈의 수급 또한 점차 어려워지고 있기 때문에, 도상자갈의 재활용 연구가 크게 부각되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 오염된 철도 도상자갈로 인해 선로 주변의 토양이 심각하게 오염되는 것을 방지하기 위하여 오염된 도상자갈을 현장에서 정화하는 시스템을 개발하고자 하였다. 오염된 도상자갈을 주기적으로 정화하면 노반 및 주변 토양의 오염을 최소화할 수 있어 오염토양 복원에 소요되는 비용을 대폭 절감할 수 있다. 본 사업에서는 선로의 가장 상단부에 부설되는 통상 선 자갈로 불리는 도상자갈 표면의 유류, 중금속 및 기타 유기오염물질을 표면처리기술 중의 하나인 플라즈마 기술을 이용해서 물리적으로 제거하는 기술을 개발하고자 한다. 플라즈마 기술은 모래, 실리카, 글라스섬, 납속, 또는 기타 고체물질 등을 강하게 분사하여 납속이나 기타 물체의 표면에 붙어있는 녹, 페인트 및 각종 이물질들을 제거하는데 널리 쓰이는 기술이며, 주로 및 용접 후의 마무리 작업, 복제 및 벽돌 건물 등의 청소에도 사용되고 있다. 이와 같이 플라즈마 기술의 용도가

다양한 이유는 가격이 저렴하고, 처리 효율이 높기 때문이다. 최근에는 블라스팅 기술의 강력한 세정 능력을 이용하여 차량용 알루미늄 휠 표면의 오염물질이나 알루미늄 및 철 재질로 된 캔 표면의 도료를 제거하는 연구가 널리 수행되고 있다. 미국 NASA에서는 항공기 및 장비의 재도색 작업을 위한 사전작업인 기존 도료 제거에 블라스팅 기술을 적용하여 비용 및 시간을 획기적으로 절감하고 있다.

1.3 연구의 접근 방법

기존의 블라스팅을 이용한 물체 표면의 처리 기술은 다양한 분야에서 광범위하게 쓰이고 있으나, 오염자갈의 정화에 블라스팅 기술을 이용하는 아이디어는 아직 제안된 바 없다. 철도자갈의 경우 자갈 내부로 유입되는 오염물질의 양은 매우 적고, 대부분이 표면에 존재하기 때문에 표면의 오염물질만 제거해주면 다시 재활용이 가능하다. 따라서, 철도자갈 표면의 오염물질을 물리적으로 제거한 후에 다시 부설하고, 분리된 오염물질을 모아서 따로 처리하면 처리시간과 비용을 대폭 절감할 수 있을 뿐만 아니라 토양오염의 확산을 어느 정도 방지할 수 있다. 본 연구에서는 블라스팅 기술을 이용하여 오염된 자갈의 표면에 미디어를 분사하여 오염물질을 제거하는 연구를 수행하였다. Blasting 기술은 단시간에 많은 양의 오염된 철도자갈을 처리할 수 있기 때문에 대량의 자갈이 광범위한 지역에 부설된 철도현장에 적합하다. 지금까지는 도상자갈의 가격이 매우 저렴하고, 매립이 비교적 용이하여 경제성이 적었으나, 점차 도상자갈의 채취가 어려워지고, 토양오염에 대한 규제가 확대되며, 지정폐기물인 오염자갈의 매립비용이 증가하는 것을 감안할 때 충분한 경제성을 가질 것으로 보인다. 이에 본 연구에서는 오염된 철도자갈에 대하여 blasting을 이용하여 그 정확성능을 시험하여 blasting의 정확능력 및 경제성에 관한 기초 자료를 얻고자 하였다.

2. 국내의 관련기술 동향

2.1 국외기술동향

유럽에서는 1970년대 말부터 철도토양의 정화 및 복원에 관심을 가지고 대대적인 조사와 정화 기술개발을 진행해오고 있다. 특히 열차의 운행에 따른 선로변 오염 토양의 복원에 대한 관심이 증가하면서 오염물질의 종류, 정도, 위해도 등의 연구가 이루어지고 있으며, 이를 바탕으로 대상 기술 및 효율성, 적용성, 처리비용 등의 평가가 수행되고 있다. 실제로 영국에서는 그림 3과 같이 연간 평균 130만톤씩 발생하는 철도용 도상자갈 중에서 120만톤이 재활용함으로써 폐기물 발생량을 저감하여 매립비용을 절감하고, 삼림파괴를 억제하고 있다.

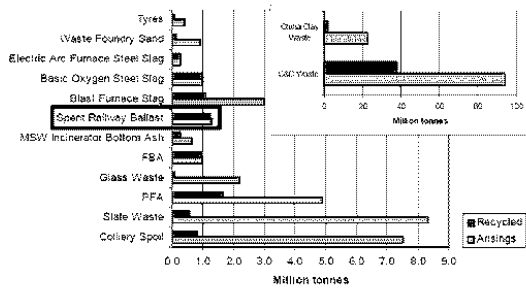


그림 3. 영국의 폐자갈 재활용 현황

그러나 이러한 도상자갈의 재활용은 그림 4와 같이 엄청나게 크고 복잡한 처리 절차를 이용하여 물세정하는 방식을 택하고 있기 때문에, 장비 제작에 막대한 비용이 소요되며, 장기간의 처리 시간이 소요되고, 오염자갈의 세정에 엄청난 양의 물과 세정제가 사용되므로 환경 부하가 크고, 경제성 측면에서도 불리하다. 따라서 이를 대체할 수 있는 새로운 처리 공정이 필요하며, 이에 본 기술에서는 플라스틱을 이용한 철도오염자갈의 재활용 공정을 제안하고자 한다.

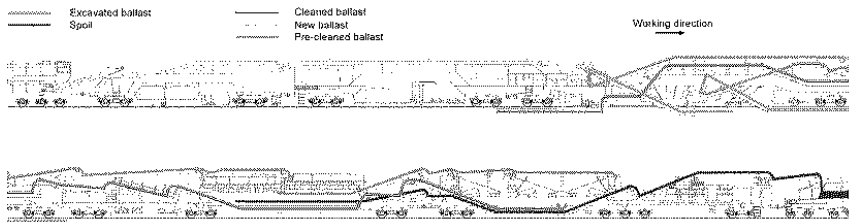


그림 4. 영국에 적용되고 있는 도상자갈 정화 장치 (RMW 1500)의 모식도

2.2 국내기술동향

현재 국내에서는 토양 오염 정화가 최근에서야 이루어지기 시작하였으며, 그나마도 오염물질의 오염물질의 분해·무해화 기술보다는 분리·추출 기술에 집중되고 있다. 선진국에서 이루어지고 있는 연구에 대한 벤치마킹이 이루어지고 있으며, 독자적인 연구보다는 외국의 기술을 그대로 들여와서 국내 현장에 적용 및 시공하고 있다. 따라서, 국내의 관련 기술은 국외 기술과 대동소이하다. 그러나, 국내의 오염자갈은 국외와 성상이 다르고, 특히 생물학적 처리 방법의 경우에는 온도 및 습도 조건이 다르므로 그대로 적용하는데 있어서 많은 문제점이 나타나고 있다

3. 실험

3.1 실험 장치 구성

본 실험의 장치는 그림 5와 같이 간단한 구조로 구성하였으며, 압축공기를 이용하여 미디어를 분사기 노즐을 통하여 오염된 철도자갈에 분사하도록 되어 있다.

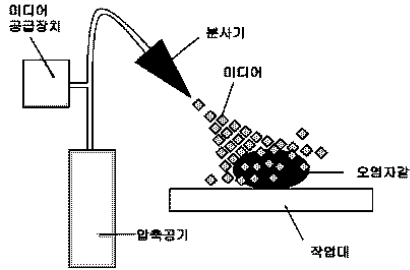


그림 5. 실험장치의 모식도

3.2 실험조건

미디어는 열경화성 수지인 멜라민 수지와 우레아 수지를 사용하였으며, 자갈의 종류에 따라 수~수십 초 간 미디어를 오염자갈의 표면에 분사하면서 오염자갈의 정화 성능을 실험하였다.

4. 실험결과

4.1 철 오염 자갈의 정화

선로의 부식 과정에서 발생하는 철성분의 녹으로 오염된 그림 6과 같은 도상자갈에 대하여 blasting을 이용하여 미디어를 자갈 한 개당 수~수십초 가량 분사하여 그림 7과 같이 철 성분이 90% 이상 정화된 깨끗한 자갈을 얻을 수 있었다.



그림 6. 부식된 선로에서 발생한 철성분으로 오염된 자갈

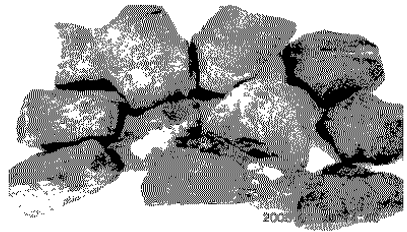


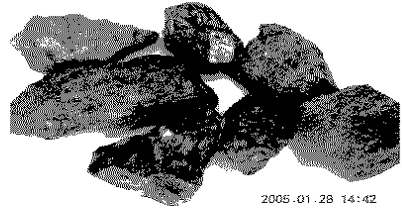
그림 7. 부식된 선로의 철성분 오염 자갈을 blasting으로 정화한 자갈

4.2 기관차 낙유 오염 자갈의 정화

기관차 정차장에서 발생하는 낙유로 오염된 그림 8과 같은 도상자갈에 대하여 blasting을 이용하여 미디어를 자갈 한 개당 수십초 가량 분사하여 그림 9와 같이 유류가 80% 이상 제거된 깨끗한 자갈을 얻을 수 있었다.



그림 8. 기관차 정치장 하반의 유허유로 오염된 자갈



2005-01-28 14:42

그림 9. 기관차 정치장 하반의 유허유 오염 자갈을 blasting으로 정화한 자갈

4.3 분기기 유허유 오염 자갈의 정화

철도용 분기기의 동작에 사용되는 유허유로 오염된 그림 10과 같은 도상자갈에 대하여 blasting을 이용하여 미디어를 자갈 한 개당 수십초 가량 분사하여 그림 11과 같이 유허유가 80% 이상 제거된 깨끗한 자갈을 얻을 수 있었다.

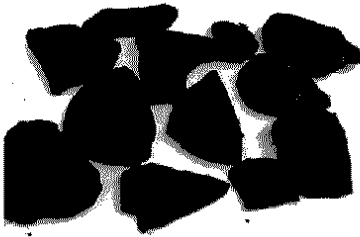
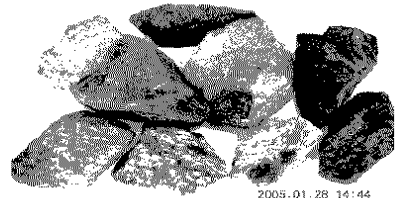


그림 10. 철도용 분기기 주변의 유허유로 오염된 자갈



2005-01-28 14:44

그림 11. 분기기 주변 유허유 오염 자갈을 blasting으로 정화한 자갈

5. 결론

본 연구에서는 오염된 철도자갈에 대하여 한 개당 수~수십초의 미디어 분사만으로 표면의 오염 물질을 80~90% 이상 정화할 수 있었다. 따라서, 이 기술은 기존의 복잡하고 많은 시간과 비용이 소요되는 철도토양의 복원사업을 대체하여 도상자갈이 부설된 역사의 토양환경을 빠른 시간에 저렴한 비용으로 복원하는데 사용될 수 있을 것으로 보인다. 도상자갈은 선로의 가장 윗부분에 부설되므로, 도상자갈의 정화만으로도 노반 및 주변 토양의 오염 확산을 방지할 수 있기 때문에 현재 오염된 토양이 심각한 문제가 되고 있는 철도역사 및 철도차량관리단 내의 선로, 분기기 주변, 기관차 정치장 등의 토양환경을 복원하고, 선로 주변의 침출수 용출 문제 등도 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 장기적으로는 지정폐기물로 매립되고 있던 방대한 양의 폐철도자갈을 재활용하여 매립장 부족 및 침출수 문제 등을 다소 완화할 수 있으며, 자갈 채취를 위한 산림파괴 및 자연훼손을 억제할 수 있을 것으로 기대되고, 궁극적으로는 철도의 친환경 이미지를 제고할 수 있을

것으로 기대된다.

참고문헌

1. 정우성, 김용기, 권성태, 조준호, 박덕신, 이덕희(1999), "철도 토양환경 개선에 관한 연구", 한국철도기술연구원.
2. 정우성, 김용기, 박준서, 박덕신, 이덕희, 이철규(2002), "철도 오염자갈의 복원방안에 관한 기초연구", 한국철도기술연구원.
3. 장세기, 정우성, 방연근, 박덕신, 이덕희(2001), "철도선진화를 위한 환경정책 구축", 한국철도기술연구원.
4. Mini-Waste webpage (www.mini-waste.com)
5. Piasser & Theurer webpage (http://showroom.creative.co.at/index_e.htm)