

포장궤도 골재로서의 도상자갈 재활용을 위한 건식세척장치

The Dry Cleaning Machine to Recycling the used Ballast as a Aggregate of the Paved Track

이일화¹⁾ 임종일²⁾ 이순구³⁾
Lee, Il-Wha Lim, Jong-Il Lee, Soon-Gu

Washed ballast is used on paved track to earn the high quality track performance. But, the water washing system caused the several environment problems such as the noise, dust and water pollution. Even if the washing is performed, it is difficult to earn the high quality because of the low efficiency of the water washing system. So, we developed the dry cleaning type machine to solve these problems. This machine excludes using the water completely. Especially, it is possible to organize on the conventional ballast cleaning train set.

1. 서론

포장궤도에서 도상자갈은 충전층의 골재로 사용되는데, 충분한 강도와, 모르타와의 부착강도 확보를 위하여 표면의 불순물이 완전히 제거되어야 하기 때문에 세척된 도상자갈만 사용하여야 한다. 도상자갈의 세척은 새 자갈을 세척, 운반하는 사용하는 방법과 기존 도상자갈을 현장에서 세척하여 재활용하는 방법이 있다. 새 자갈을 사용하는 경우를 고려해 보면, 수세척 도상자갈의 생산지가 국내에서는 한군데밖에 없기 때문에 운반에 막대한 경비가 소요되고, 표면의 불순물 함량이 상당히 높기 때문에 포장궤도의 골재로 사용하기에는 어려움이 있었다. 그래서 본 연구에서는 현장에서 도상자갈을 세척하여 재활용하는 방안을 강구하였다. 현장 세척은 우선 품질이 충분히 확보되어야 하고, 오폐수, 분진 및 소음에 대한 대책이 마련되어야 한다. 본 연구에서는 이를 만족하는 Blasting 기술을 이용하여 건식세척장비를 개발하였다.

2. 포장궤도의 골재 조건

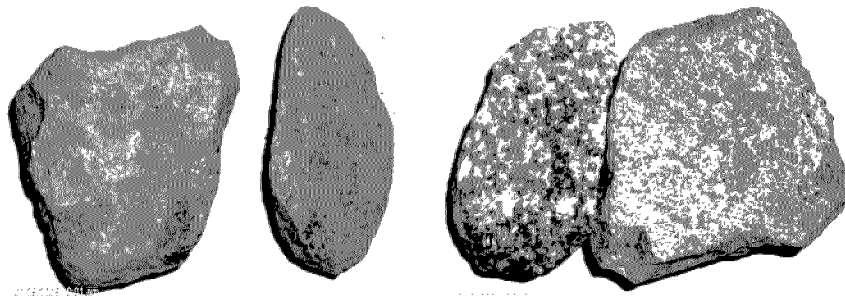
포장궤도는 침목아래에 부직포로 감싼 자갈도상층을 충전재로 주입, 고결하여 궤도변위를 대폭적으로 억제하는 시스템이다. 부수적으로는 침목의 대형화를 통하여 도상압력의 분포를 촉진시키고 유지보수의 목적으로 가변체결구 등을 적용한다. 포장궤도 시공방식인 프리팩 콘크리트공법은 특정 입도를 가진 굵은 골재를 거푸집에 채워 넣고, 그 공극속에 유동성이 크고, 재료의 분리가 적고, 적당한 팽창성을 가진 모르타를 주입하여 콘크리트를 만드는 방식이다. 충전재가 일정한 경우, 프리팩 콘크리트의 품질은 굵은 골재의 품질에 크게 좌우된다. 굵은 골재 입자의 모양이 위커빌리티와 강도에 중요한 영향을 미치기 때문에 굵은 골재와 모르타 부착을 크게 하기 위하여 입자모양, 입도분포 및 표면상태가 양호한 굵은 골재를 사용하는 것이 유리하다. 또한 기본적으로 골재의 강도가 확보되어야 하고, 골재에 부착된 먼지, 흙 등의 부

1) 한국철도기술연구원 철도구조연구실 선임연구원 정희원
E-mail : iwlee@kri.re.kr
TEL : (031)460-5326, FAX : (031)460-5319
2) 청강크린텍 대표이사 정희원
3) (주)화성궤도 상무이사 정희원

착 불순물은 굵은 골재와 모르타르와의 부착을 방해하기 때문에 표면의 불순물을 제거하여야 한다. 프리캐스트 콘크리트용 굵은 골재는 콘크리트 체적의 70%이상 차지하게 되며, 그 종류와 품질은 콘크리트의 성질에 커다란 영향을 미치게 된다.

3. Blasting 기술

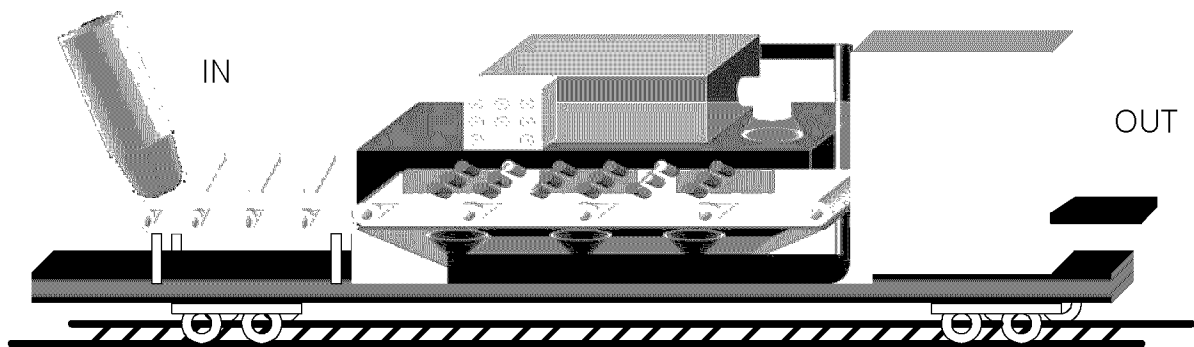
Blasting 기술은 모래, 실리카, 유리구슬, 플라스틱, 금속, 또는 기타 고체물질 (기체로 승화하는 드라이아이스 등)을 강하게 분사하여 금속이나 기타 물체의 표면에 붙어있는 녹, 페인트 및 각종 이물질을 제거하는데 널리 쓰이는 기술이며, 주조 및 용접 후의 마무리 작업, 목재 및 벽돌 건물 등의 청소에도 사용되고 있다. 이와 같이 blasting 기술의 용도가 다양한 이유는 가격이 저렴하고, 처리 효율이 높기 때문이다. 최근에는 blasting 기술이 차량용 알루미늄 휠 표면의 오염물질 제거, 알루미늄 및 철 재질로 된 캔 표면의 도료 제거 등에도 적용되어 우수한 성능을 나타내고 있어 강력한 세정 방법으로 인식되고 있다. blasting 기술을 이용하여 오염물질 정화 능력을 시험해 본 결과 그림 1과 같이 수세척 자갈 보다 더 청정한 수준으로 세정할 수 있었다.



<그림 1> Blasting 전후의 자갈

4. Plastic Media를 이용한 건식세척방식

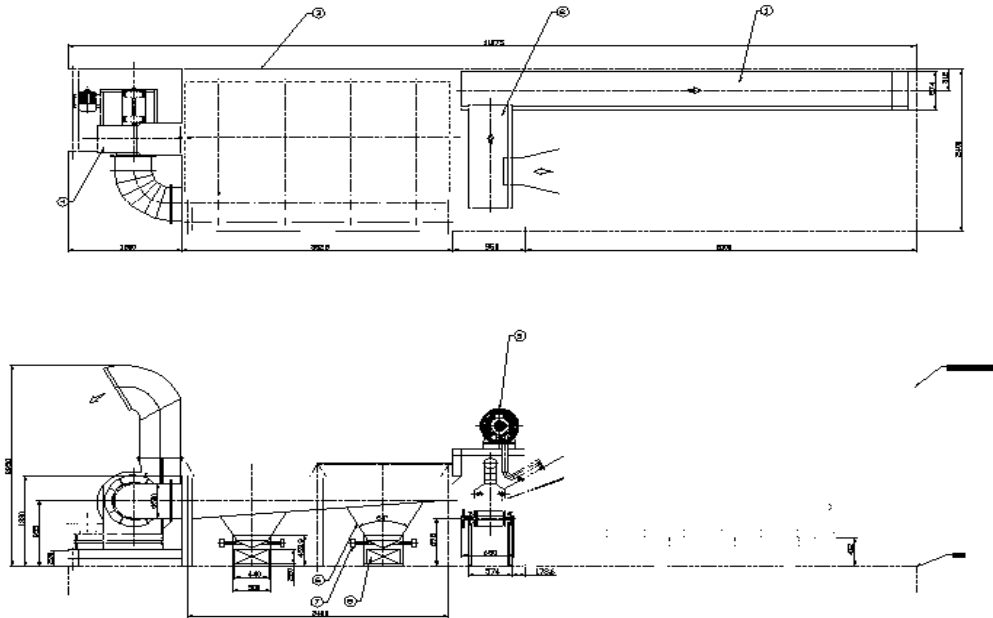
현장에서의 도상자갈 세척시의 요구조건은 품질이 충분히 확보되어야 하고, 오피수, 분진 및 소음에 대한 대책이 마련되어야 한다. 그래서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 친환경 투사재(Plastic Media)를 응용한 도상자갈 건식세척 방식으로 접근하였다. 다양한 재료시험을 통하여 투사재를 이용한 건식세척방식의 효용성을 확인하고 현장작업이 가능한 세척설비를 설계하였다. 설계의 개념은 다음 그림 2와 같이 철도 트로리(1,500×1,900)와 평판(2,400×5,200)에 설치가 가능하게 설계하였으며, 분당처리속도를 0.5m³/min으로 하였다.



<그림 2> 현장작업용 건식세척 설비

5. 건식시스템의 설계조건

건식세척방식에서의 설계조건은 연속식 작업이 가능하도록 SUS를 이용한 DRUM 타입으로 설계를 하였고, 집진장치는 오염물질 종류를 석분 및 흙, 연마제 분진 발생량을 170m³/min으로 조건을 설정하였다. 철도 자갈 생산현장에서의 실제 운영을 통하여 포장레도용 자갈 청정도가 요구하는 조건으로 설계된 제원은 <그림 3>, <표 1>과 같다.



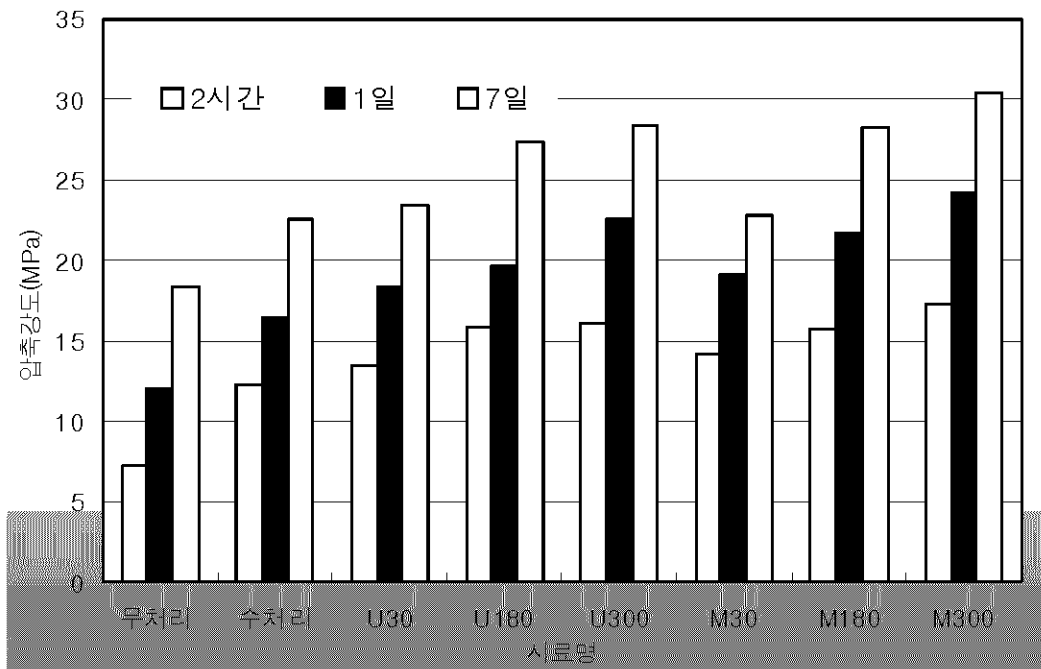
<그림 3> 건식세척장치 설계도

<표 1> 건식세척장치 제원

항 목	형식	용량	수량	재질
집진장치	Bag Filter	170CMM	1 SET	SS41
	DUST BOX		2 EA	SS41
	Solenoid w/v	40A	16EA	AL
	AIR Filter의	5kg/cuf이상	1 EA	
	Manostar Gauge	300mmAq	1EA	
	Filter BAG		128EA	Polyester
	Blow Tube		16EA	SS400
	Exhaust FAN	170m ³ /min*250mm Aq	1SET	
BLAST장치	DRUM 연속식	300kg/min	1SET	SS304
	MOTOR	5HP	1SET	
	CHAIN의	5HP	1SET	
	Nozzle	8Φ	18EA	
	진동벨브	1.5톤	2SET	

6. 세척조건별 콘크리트 압축강도

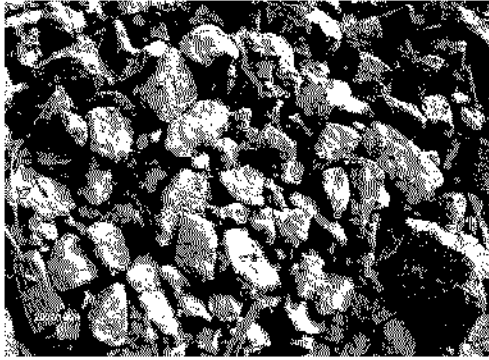
세척장치의 효율을 평가하기 위하여 무처리, 수세척 및 건식자갈세척 과정을 거친 골재시료로 만든 공시체에 대한 일축압축강도를 실시하였다. 이 중 수세척은 실내에서 별도로 수행되어 현장조건보다 매우 깨끗하게 세척되었다. 건식세척장치의 블라스팅 재료로 사용되는 Urea(U), Melamine(M), Acryl(A) 중 Urea와 Melamine을 분사물질로 사용하여 시험을 실시하였다. 또한 최적의 세척시간을 확인하기 위하여 30, 180, 300초 동안 세척을 실시하여 세척시간에 따른 세립물질의 제거효율을 평가하였다. 따라서 U30, U180, U300, M30, M180 및 M300 등 총 6가지 Blasting 기술을 적용한 시료를 가지고 실험을 실시하였다. 시험 결과, 충전 특성의 경우 모든 조건에서 양호한 결과를 보였으나 무처리 시료의 경우, 골재 표면에 세립분이 많이 부착되어 있는 상태에서 충전재 주입과정 중 세립분이 밀려 세립분이 공시체 하부에 쌓이는 현상을 보였다. 따라서 무처리 시료의 경우 목표강도(10MPa) 이하의 낮은 강도발현 특성을 보였으며 강도증진율 면에서도 상당히 낮은 경향을 나타내었다. 수세척에 비해 건식세척의 경우 최대 40%(M300, 2시간재령)의 강도증진효과를 보이기 때문에 건식세척의 경우가 보다 세립분 제거효율이 높음을 확인할 수 있었다.



<그림 4> 시험재료의 일축압축강도시험 결과

7. 현장적용 사례

건식 자갈세척장비의 공정 확보 및 실용성 평가를 위하여 포장궤도 시험부설 구간에서 적용하였다. 포장궤도 부설장소가 서울메트로 1호선 서울-남영역 구간인 관계로 세척작업은 군자차량기지 내에서 수행하였다. 사용된 자갈은 터널구간에서 반출된 것으로 약 30년 동안 사용되어 그림 5(a)와 같이 폐기물과 지하수로 완전히 오염된 자갈이다. 자갈의 상태가 매우 나빴기 때문에 부착력 확보를 위하여 불가피하게 세척을 2회 수행하였다. 총 세척물량은 100m³이며 2회 세척후 충분한 압축 및 휨강도가 확보되었다. 그림 5(b)는 건식세척장치를 보여주는 사진으로서 오른쪽이 세척 모듈이며, 왼쪽은 집진장치이다. 세척장치 외에 blasting을 위한 에어컴프레서 설비가 추가된다. 그림 5(c)는 사용자갈이 세척설비로 투입되는 사진이며, 그림 5(d)는 세척된 자갈이 배출되는 사진이다. 세척된 자갈은 그림 5(e)와 같이 톤백에 저장, 현장에 도착 후 기존 자갈과 교환된다. 그림 5(f)는 건식세척된 자갈로 시공한 포장궤도 구간이다.



(a) 터널구간에서 반출된 사용자갈



(b) 건식세척장치



(c) 사용자갈 IN



(d) 세척자갈 OUT



(e) 자갈 교환



(f) 포장레도 시공 완료

<그림 5> 현장 적용 사례

8. 결 론

포장레도용 자갈의 세척 방안을 개선하기 위하여 건식 자갈세척장치를 설계, 제작하여 현장에서 적용하였다. 적용 결과, 포장레도에서 가장 중요하게 요구하는 자갈의 부착력을 충분히 확보할 수 있는 것으로 나타났으며, 세척 효율에 있어서도 경제성을 가지는 것으로 나타났다. 또한 세척과정에서 환경문제 및 폐기물 발생량을 최소화 할 수 있어 향후 자갈도상의 복원 및 재활용에 적용성이 높을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. "기존선 도상자갈레도 생력화를 위한 포장레도개발[시멘트모르타르층전형]"(2007), 한국철도기술연구원