도로 노면의 비점오염물질 제거를 위한 고압살수 장비 성능평가

Estimation of Road Pollutant Cleaning Car Using Water Jet System

정원경* · 문영수** · 박재빈*** · 강완석****
Jung, Won Kyong · Moon, Young Soo · Park, Jae Bin · Kang, Wan Seok

1. 서 론

비점오염원이란 도시, 도로 농지, 산지, 공사장 등의 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염을 배출하는 배출원을 의미하며 주로 우수와 함께 하천과 호소, 바다로 쓸려 내려가 물을 오염시키게 된다[4]. 이러한 비점오염원은 일정 규모이상의 개발사업 및 비점오염 유발가능성이 큰 사업장의 경우 비점오염원 설치를 신고하고, 비점오염저감시설을 설치하도록 제도화 되어 있으며(수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제53조 및 시행규칙 제72조) 도로의 건설의 경우 4㎞ 이상 신설, 10㎞ 이상 확장 등에 비점오염저감시설을 설치하도록 의무화(환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법 시행령 제2조 제3항)되어 있다. 도로에서 발생되는 비점오염의 특성을 살펴보면, 대부분의 도로는 불투수성 포장 재료를 사용하기 때문에 일정량 이상의 강우가 발생하면 도로노면 위에 축적된 각종 오염물질들이 유출되는 도로노면 오염유출 현상이 발생한다. 이러한 도로노면 유출수의 경우 비점오염 발생원의 주된 구성원으로 알려져 있으며 강우강도, 선행건기일수, 차량통행량, 포장 형태 등의 다양한 인자에 의하여 오염유출 정도가 다양하게 변동하는 것으로 알려져 있으나 도로노면 특성상 초기 우수 유출수가 가장 높은 오염도를 나타내며 후속강우에서는 점차 감소하는 경향을 나타낸다[1,2].

이러한 도로노면 오염유출 특성으로 인하여 초기 우수 7.5~10mm정도를 정화하는 시설용량이 필요하게 된다. 현재 도로 비점오염제거를 위한 방식은 장치형과 자연형으로 구분되는데 각기 장단점을 지니고 있으나 두 가지 모두 우수를 통한 도로노면 이물질 제거방식을 택하고 있다[3]. 그러나 도로노면의 비점오염물질을 상시 제거할 경우 별도의 저감시설 없이도 수질오염을 방지할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 도로 노면의 비점오염물질 제거방식을 추가적인 저감시설없이 기존의 청소차량에 고압살수장비를 설치·평가함으로써 차량장비에 의한 도로 노면 비점오염제거 성능을 평가하고자 하였다.

2. 도로비점오염 제거를 위한 노면 청소방식

2.1 기존 도로청소 방식

기존의 청소차량은 단순히 살수만을 하거나, 회전형 브러시에 의한 낙엽, 담배꽁초 등의 이물질 쓰레기만을 제거할 수 있을 뿐이며, 도로면에 흡착된 마이크로 단위의 미세 비점오염 물질은 제거하지 못하고, 또한 살수된 물은 다시 회수하지 못하여 주변 수계 및 토양 오염을 가속화시키는 문제점을 지니고 있다. 따라서 종래의 청소 차량으로는 그림 1과 같이 청소용 브러시로 인하여 발생되는 부유 먼지를 억제하거나 차단하기가 매우 어려운 문제점이 있고, 이렇게 발생되는 부유먼지는 결국 사람이 보행하는 인도측으로 향하게 되어 많은 민원이 야기되고 있다. 또한 청소 중 먼지 발생을 줄이기 위하여 노면을 충분히 가습할 때에는 청소속도가 현저히 저하되거나 오염수의 방

* 정회원 · (주)삼우아이엠씨 기술연구소 · 공학박사 · 02-402-2795(E-mail : wonkyong@hanmail.net)
** 정회원 · 대경건설산업(주) 대표이사 · 공학사 · 02-402-4714(E-mail : 003452@hanmail.net)
*** 비정회원 · 대경건설산업(주) 사업본부 · 공학사 · 02-402-4714(E-mail : naspoz@hanmail.net)
**** 비정회원 · (주)깨끗한 도시 대표이사 · 공학사 · 031-925-3340(E-mail : kjw9227@empal.com)

류에 따른 2차 오염이 우려된다. 따라서 본 연구에서는 기존 청소차량의 단점을 보완함과 동시에 도로비점오염 제거가 가능하도록 설계・제작하였으며 이를 활용한 현장적용평가를 시행하였다.

(a)세척수 분사방식

(b)브러쉬에 의한 이물질제거

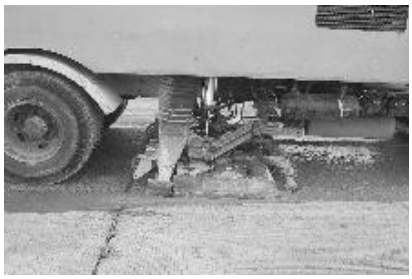
그림 1. 기존 도로청소 방식

2.2 고압살수 및 진공흡입 청소 방식

본 연구에서는 기존의 이와 같은 문제점을 해결하고 도로 비점오염을 도로 노면에서 즉시 제거하여 비점오염 제거 효율을 높이고자 하였다. 이를 위하여 기존의 단순 살수 장비개념에서 벗어나 그림 2와 같이 고압의 회전형 살수장비를 청소차량에 장착하고, 진공흡입구를 연결하여 고압살수에 의한 노면의 비점오염물질을 제거하고, 이와 함께 탈리된 비점오염물질을 즉시 흡입 처리하여 청소차량 외부로 분사수와 이물질이 유출되지 않도록 한 노면의 비점오염물질 제거장치가 채용된 청소차량을 개발, 성능평가를 시행하였다. 이러한 도로 오염제거 차량은 기존의 단순 청소에서 벗어나 청소, 비점오염 제거 및 2차 오염 방지를 동시에 얻을 수 있으며 특히, 도로 비점오염저감 시설을 설치하기 곤란한 도로가설지역에서 청소차량에 의한 비점오염제거를 가능하게 한다. 도로 비점오염을 제거하기 위해 개발된 차량은 기존의 청소차량과는 표 1과 같이 청소흡입폭과 펌프압력 등에 차이를 보이게 된다.

표 1. 도로노면 비점오염제거를 위한 차량제원 비교분석

구 분	일반진공흡입차	RPCCar	비 고
차량 총 중량	16 ton	16 ton	
최대 적재량	10㎥	10㎥	
물탱크 용량	4 ton	4 ton	
최대청소 흡입 폭	1,110 mm	2,600 mm	
노면비산먼지 청소방식	단순 진공흡입 방식	세척 후 진공흡입방식	
청소거리	비교대상 없음	5~7 km/h	
주행속도	5~10 km/h	3~5 km/h	
물펌프 압력	8 bar	400 bar	



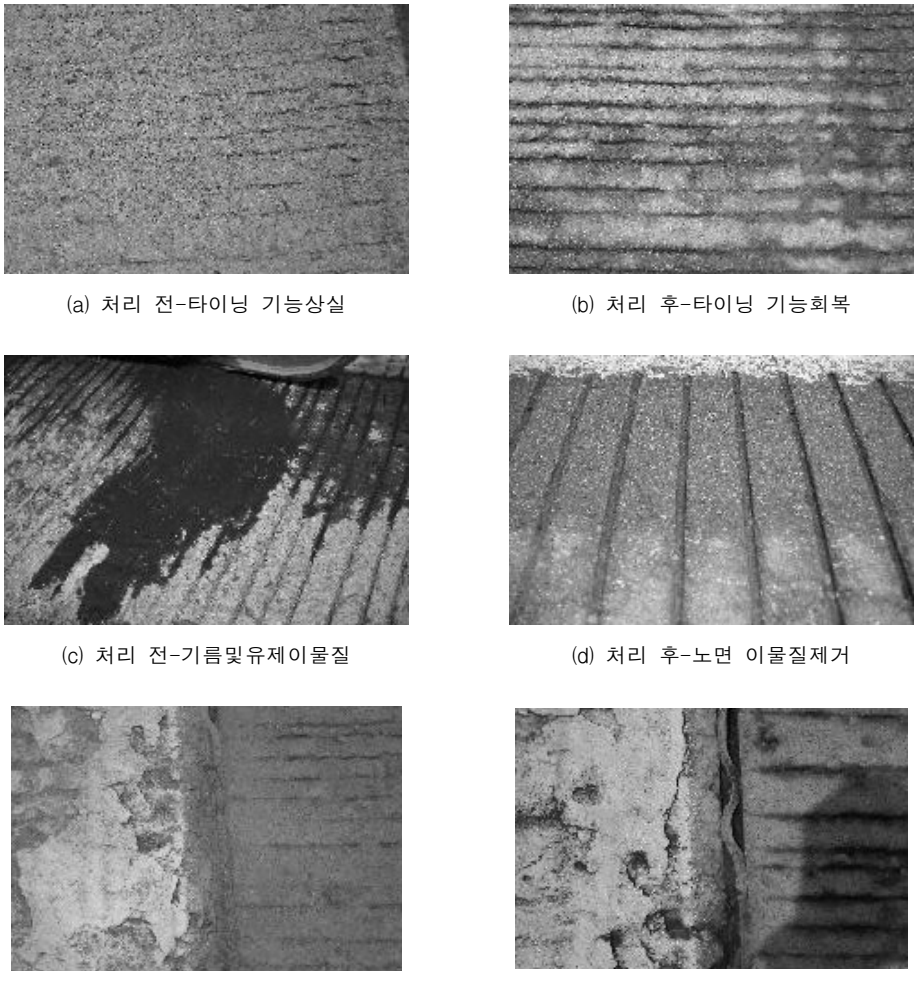
(a)일체화된 고압분사장치및진공흡입기

(b)비산방지막내에서의 고압분사전경

그림 2. 개발된 도로 노면 비점오염원 제거방식

3. 성능평가

개발된 도로 비점오염 제거차량의 성능을 평가하고자 고속도로 상의 공용 중인 도로를 대상으로 비점오염 제거능력 및 최적화에 대한 시험시공을 시행하였다. 보다 자세한 평가내용은 다음의 표2와 같다. 그림 3은 도로 비점오염 제거차량을 이용한 노면의 청소 전·후를 나타낸 것이다. 이를 살펴보면, 고압살수 및 진공흡입에 의한 청소 전 노면상태는 타이닝 마모현상, 기름떼에 의한 노면 미끄러짐 현상 및, 줄눈부 이물질 부착에 따른 포장체 거동 억제 현상이 나타나고 있었다. 그러나 청소 후 동일지점의 노면상태를 보면 타이닝 기능 회복, 기름떼 제거 및 줄눈부 이물질 제거 효과가 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 노면 비점오염제거용 개발차량은 노면의 비점오염 제거뿐만 아니라 노면의 흡착이물질까지 제거가 가능하여 포장의 기능회복까지도 가능한 것으로 평가되었다. 이를 통해 주기적인 도로 노면청소 시 하천으로 유입되는 비점오염원의 양을 줄일 수 있고 이로부터 하천보호 및 정화시설의 부담을 경감시킬 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 처리 전-타이닝 기능상실 (b) 처리 후-타이닝 기능회복

(c) 처리 전-기름및유제이물질 (d) 처리 후-노면 이물질제거

(e) 처리 전-줄눈부활동방해 (f) 처리 후-줄눈부 기능회복

그림 3. RPCC를 이용한 노면 비점오염처리 전·후의 비교

표 2. 도로노면 비점오염제거를 위한 성능평가 제원

구분	일시	장소	물압력	물량	주행속도
내용	2009년 6월 6일	단양IC 진출입로	180Bar	38L/min	3~5km/hr.

4. 결 론

본 연구에서는 도로의 비점오염을 우수에 의한 정화처리방식과는 별도로 기존의 청소차량개념을 이용하여 고압살수장비와 흡입장치를 장착한 도로오염제거차량(Road Pollutant Cleaning Car)을 개발·성능평가를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기존 청소차량에 회전형 고압살수 장치와 진공흡입장치를 설치하여 노면의 비점오염물질을 제거한 결과, 효과적으로 비점오염물질과 노면 흡착이물질을 제거하고, 방류수를 억제하며, 비산먼지 및 미세먼지 날림을 억제할 수 있다. 이를 통해 도로 포장면에 발생한 비점오염물질을 강우 시 주변 수계 및 토양에 유출되기 전에 미리 제거할 수 있는 효과를 확인할 수 있었다.
2. 한 대의 청소 차량으로 노면에 흡착 및 압착된 이물질을 완전 제거함과 동시에 진공 흡입되어 청소 과정에서 발생하는 이물질 및 먼지 등의 비산을 방지할 수 있어 경제성 및 운영의 편리성이 높아질 것으로 예상되며 도로 비점오염저감 시설의 정화부담 경감과 도로 기능회복이 가능할 것으로 예상된다.
3. 이를 통해 도로 비점오염 정화를 위한 시설물 설치에 따른 경제적 손실과, 도로 주변의 수계 및 토양 오염 방지는 물론 관련 산업의 발전을 꾀할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 이춘식 외 6인(2005), “고속도로 노면 비점오염원 배출특성에 관한 연구”, 대한환경공학회 2005 춘계학술연구발표회, pp. 1169~1176.
2. 최지용, 신창민(2002), “비점오염원 유출저감을 위한 우수유출수 관리방안”, 한국환경정책평가연구원, KEI/2002/RE-03 연구보고서, pp. 1~25.
3. 경희대학교 산학협력단, 공주대학교 방재연구센타(2005), “고속도로 노면유출수 수질특성 및 관리방안 연구”, 한국도로공사 연구보고서, pp. 15~34
4. 환경부, 비점오염저감시설의 설치 및 관리운영 매뉴얼, 2008