Ecology and Resilient Infrastructure (2021) 8(4): 194-203
https://doi.org/10.17820/eri.2021.8.4.194

http://www.kseie.or.kr/
Online ISSN: 2288-8527

ORIGINAL ARTICLE

저소음 · 분진회수형 도로절단기의 친환경성 평가

Eco-friendliness Evaluation of a Low-Noise and Dust-Recovery Type Pavement Cutter

김균태*

한국건설기술연구원 건설정책연구소

Kyoon Tai Kim*

Construction Policy Research Institute, Korea Institute of Civil engineering and building Technology, Kyunggi-do 10223, Korea

Received 23 September 2021, revised 11 November 2021, accepted 1 December 2021, published online 31 December 2021

ABSTRACT: With the recent increase in maintenance works on water and sewer pipes as well as district heating supply pipes, pavement cutting work using pavement cutter is on the rise. The pavement cutting operation generates considerable dust (cutting sludge) as well as noise; therefore, it is necessary to apply eco-friendly technologies that have low noise and dust recovery capability. Thus far, various equipment for recovering dust have been developed; however, there is a limitation in that the environmental friendliness is not quantified. Therefore, in this study, we developed a low-noise, dust-recovery type pavement cutter that can fundamentally remove the causes of environmental hazards such as noise and dust and evaluated the eco-friendliness of the pavement cutting process performed by this cutter. To this end, an integrated water cooling-sludge recovery system composed of a vacuum device and a sludge suction unit was developed, and the developed system was applied to a pavement cutter. Subsequently, the developed equipment was applied to the test bed, and data related to its eco-friendliness were collected and evaluated. The results showed that the cutting sludge recovery rate of the developed equipment was greater than 83%, the noise level was approximately 82 – 83 dB, and the sound power level was 115 dB. The results of this study will be used as basic data to develop improved pavement cutters in the future with improved cutting sludge recovery performance and lower noise.

KEYWORDS: Construction Automation, Dust Recovery, Eco-friendliness, Low Noise, Pavement Cutter

요 약: 최근에 상하수관로, 지역난방 열공급관로 등의 유지보수가 증가하면서, 도로절단기에 의한 도로절단 작업도 급증하고 있다. 이러한 도로절단 작업은 소음과 함께 분진(절단슬러지)을 많이 발생시키므로, 저소음, 분진회수 등 친환경적인 기술이 적용될 필요가 있다. 기존에 이러한 문제점을 해결하고자 분진을 회수하는 장비가 개발된 사례가 있으나, 친환경성이 정량화되지 않았다는 한계가 있었다. 이에 본 연구에서는 소음 및 분진과 같은 환경위해요인의 발생원인을 근본적으로 제거할 수 있는 저소음·분진회수형 도로절단기를 개발하고, 이 절단기로 수행하는 도로절단작업 과정에 대한 친환경성을 평가하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 진공장치와 슬러지흡입부로 구성된 수냉–슬러지회수 통합시스템을 개발하고, 개발된 시스템을 도로절단기에 적용하였다. 그리고 개발된 장비를 테스트 베드에 적용하고, 친환경성 관련 데이터를 수집하여, 친환경성을 평가하였다. 평가 결과, 개발된 장비의 절단슬러지 회수율은 83% 이상이었으며, 소음도는 82~83 dB, 음향파워레벨은 115 dB 수준이었다. 본 연구의 결과는 향후 도로절단기를 개선하는 과정에서 절단슬러지 회수성능과 저소음 성능을 향상시키는 데에 기초자료로 활용될 예정이다.

핵심어: 건설 자동화, 분진회수, 친환경성, 저소음, 도로포장 절단기

***Corresponding author:** ktkim@kict.re.kr, ORCID 0000-0003-2230-709X

ⓒ Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

최근에 우리나라의 지하시설물들이 노후화되면서, 대책마련이 시급한 실정이다. 일례로 2018년에 한국지역난방공사가 20년 이상 된 열수송관 686 km를 점검하였는데, 이상 징후가 나타난 곳이 203 곳에 달하였다 (Park 2018). 이상 징후가 이렇게 많이 발견될 정도로 노후화된 지하매설물을 유지보수하기 위해서는 도로를 굴착하여야 한다 (Kim and Jun 2018). 그리고 도로를 굴착하기 위한 첫번째 공정은 도로포장재를 절단하는 것이다.

일반적으로 아스콘 또는 콘크리트로 된 도로포장을 절단하기 위해서는 도로포장 절단기 (이하 도로절단기)의 절단날로 포장재를 절단하게 되는데, 이러한 도로절단 과정에서 과다한 소음과 분진이 발생되게 된다. 이때 절단날과 절단부위에 냉각수를 분사하게 되면, 분진 (비산먼지)의 발생을 줄이고 절단날을 냉각할 수 있다. 따라서 물탱크에 저장된 냉각수를 절단부에 분사하며 절단하는 습식 도로절단기가 흔히 사용된다. 이러한 습식 도로절단기는 절단작업 도중에 발생하는 분진을 줄일 수 있다는 장점이 있으나, 절단분진과 냉각수가 섞인 절단슬러지를 발생시킨다는 단점도 존재한다. 발생된 절단슬러지는 절단작업을 방해하거나, 하수구로 흘러 들어가서 심각한 수질 및 토양오염을 유발하기도 한다. 또한 절단부위의 물이 마르게 될 경우, 포장재 표면에 잔존한 분진이 바람에 날려서 대기오염을 유발하기도 한다 (Park et al. 2014). 한편, 절단날로 도로포장을 절단할 때, 건식과 습식 모두 130 dB에 달하는 절단소음을 유발하는데, 이는 심각한 소음공해이며, 민원의 원인이 된다.

이와 같은 환경오염 우려를 해소하기 위하여, Park et al. (2014)은 물없이 절단할 수 있는 건식다이아몬드 절단날과 집진시스템을 개발하였고, Kim et al. (2020)은 저소음에 절단슬러지 회수기능을 구비한 습식 친환경 도로절단기를 개발하였다. 하지만 개발된 도로절단기들의 친환경성이 정량적으로 평가되지 않아, 현업에 적용하기 위한 근거가 미약한 실정이다.

1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구의 목적은 소음과 분진과 같은 환경위해요인의 발생원인을 제거할 수 있는 저소음·분진회수형 도로절단기의 친환경성을 분석하는 것이다. 이를 위하여, 습식 도로절단기를 위한 냉각-분진회수 통합시스템을 개발하고, 개발된 장치를 테스트 베드에 적용하여 슬러지 회수율과 소음도를 정량적으로 분석하고자 한다.

본 연구에서 분석하고자 하는 도로절단기 친환경성의 범위는 슬러지 회수율과 소음도에 국한하며, 비산먼지, 진동 등 다른 환경요인은 본 연구의 범위에 포함되지 않는다. 또한 개발된 도로절단기의 친환경성을 분석하는 것이 목표이므로, 생산성이나 경제성 등 다른 성능평가도 본 연구에서는 다루지 않도록 한다.

본 연구의 방법으로는 우선, 기존 도로절단 작업 사이클을 조사하고, 재래식 도로절단의 문제점을 분석하여, 저소음·분진회수형 도로절단기 개발의 필요성을 도출하도록 한다. 다음으로 분진회수 기술을 개발하는데, 이를 위하여 수냉-슬러지회수 통합시스템을 개발하고, 개발된 시스템을 습식 도로절단기에 적용하도록 한다. 마지막으로 개발된 장비를 테스트 베드에 적용하여 친환경성 관련 데이터를 수집하고 친환경성을 평가하도록 한다. 본 연구에서는 친환경성을 슬러지회수 성능과 저소음 성능으로 구분하였는데, 슬러지회수 성능은 육안검사 및 슬러지 회수율로 확인하며, 저소음 성능은 소음 측정장비에 의한 약식 측정과 환경부 고시에 따른 공인시험으로 확인하도록 한다.

2. 기술 동향

2.1 도로절단 작업

2.1.1 도로절단 작업 사이클

도로포장을 도로절단기로 절단하는 과정을 요약하면, 크게 준비작업, 본작업 그리고 정리작업으로 구분할 수 있다. 준비작업에는 먹메김 등의 작업준비, 차량이나 도로점거물 등의 장애물 정리, 절단기 하차 그리고 절단날 조립 등의 세부작업이 포함된다. 그리고 본작업에는 작업위치로 도로절단기 이동과 도로절단 등의 세부작업이 포함된다. 또한 상황에 따라서 도로절단기의 점검이나 절단날 교체, 이동차량 통행을 위한 대기 등도 본작업에서 발생한다. 정리작업에는 현장정리 및 청소, 절단날 해체, 절단기 점검 및 청소, 절단기 상차 등의 세부작업이 있다 (Fig. 1. 참조). 그리고 이러한 작업에는 신호수를 제외하고, 운전원과 보조원 각 1명씩

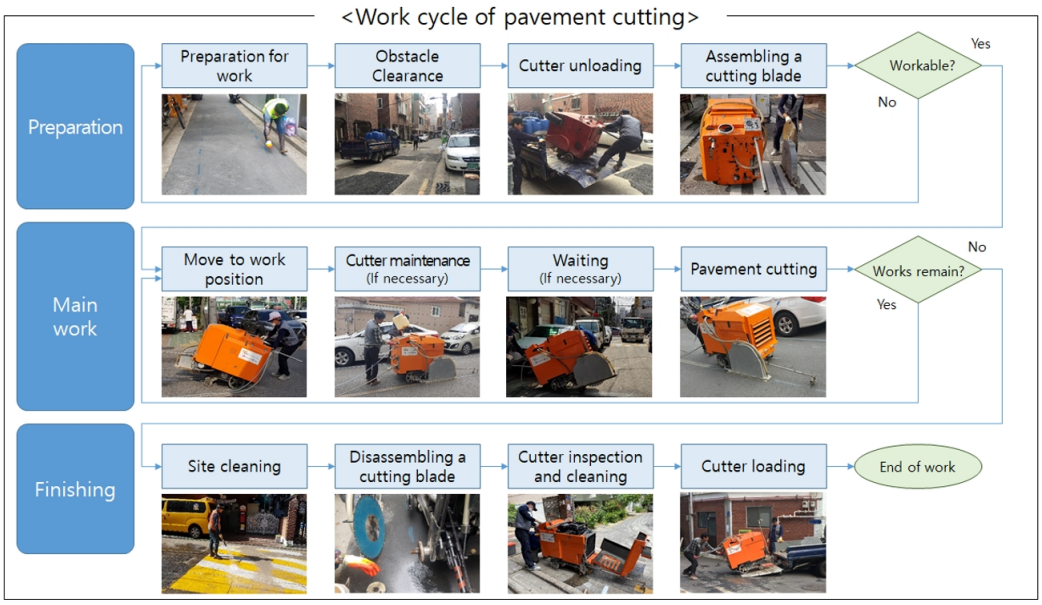


Fig. 1. The work cycle of pavement cutting.

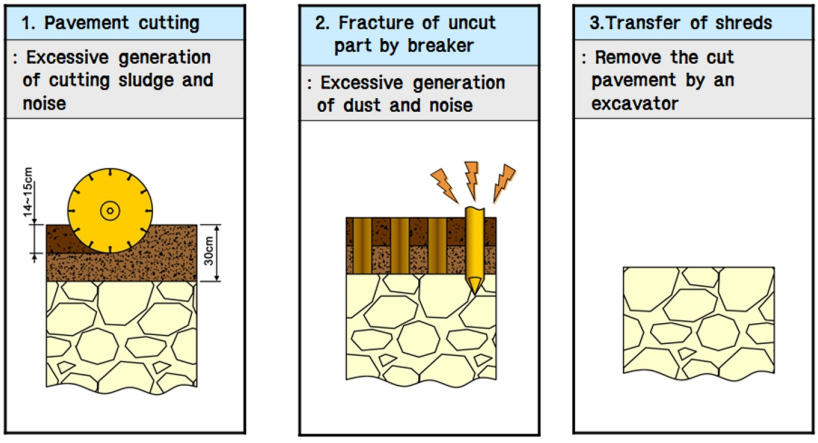


Fig. 2. The conventional pavement cutting method (source : Kim and Jun 2018).

총 2명이 작업조를 이루어 투입된다.

이러한 세부작업들 중에서, 도로절단에서 절단소음과 절단슬러지가 발생된다. 그리고 현장 상황에 따라 절단슬러지 세척작업을 수행하는데, 본작업에서 다른 작업위치로 도로절단기가 이동할 때 보조원이 절단슬러지를 물로 세척하는 경우도 있고, 정리작업에서 현장을 청소할 때 살수차 및 별도의 청소원이 청소작업을 수행하는 경우도 있다.

2.1.2 재래식 도로절단의 문제점

기존의 도로절단기로 아스콘, 콘크리트 등의 도로포장재를 절단날로 절단하는 과정에서 과다한 소음과 분진(절단슬러지) 등의 환경오염이 유발된다. 또한 기존 도로포장 두께는 통상 약 150 mm이고, 도로절단기도 150 mm 내외의 깊이까지 절단할 수 있는 것을 사용하는 경우가 대부분이다. 하지만 도심지 주거지역의 경우, 덧씌우기 등으로 인하여, 도로포장 두께가 300 mm까지 두꺼워지는 경우도 많이 있다(Kim and Jun 2018). 이 때, 대형의 도로절단기를 사용하지 않는 한, 도로절단기로 150 mm 가량을 우선 절단한 후, 대형 절단날로 교환하여 한번 더 절단하거나 또는 절단 잔여부를 브레이커로 파쇄하게 된다(Fig. 2. 참조). 그런데 도로절단

기로 두번 절단하거나 브레이커로 파쇄하는 작업은 이중작업이 되어 생산성에 악영향을 미치고, 더 많은 소음과 분진 뿐만 아니라 진동까지도 유발한다. 또한 절단 등의 과정에서 다량의 분진 (절단슬러지)이 발생하는데, 이는 작업을 방해할 뿐만 아니라 토양이나 수질 오염의 원인이 된다. 또 표면에 묻어있던 절단슬러지의 수분이 증발하여 분진이 바람에 날려서, 대기를 오염시키기도 한다. 이러한 토양, 수질 또는 대기 오염을 예방하기 위하여 살수차와 청소인원을 동원하여 절단슬러지를 청소하기도 하는데, 이 작업에도 인력과 시간과 장비가 소요되므로 자원효율을 저하시킨다는 문제가 있다. 또 심한 경우에는 청소작업을 생략하기도 하는데, 이럴 경우에는 환경오염 뿐 만 아니라 통행인이나 통행차량을 오염시키는 문제까지 유발하곤 한다. 따라서 소음과 분진과 같은 환경위해요인의 발생을 최소화하고, 이중작업에 의한 비효율을 근원적으로 제거할 수 있는 장비나 공법이 개발되어야 할 시점이라 할 수 있다 (Kim 2020).

2.2 기술개발 동향

전술한 바와 같이, 기존의 도로절단 현장에서는 주로 습식 도로절단기가 사용된다. 습식 도로절단기는 물탱크가 내장되어 있고, 여기에 저장된 냉각수를 절단날과 절단부위에 분사하면서 도로를 절단한다. 이와 같이 절단부위에 냉각수를 분사하면, 절단날을 냉각시켜서 손상을 줄여주고, 절단으로 인해 발생되는 분진이 공기중에 확산되는 것을 막아주며, 절단부위의 마찰을 줄여주어 소음, 진동을 저감시켜 준다. 반면에 습식으로 도로를 절단하면, 절단으로 인해 발생되는 분진과 냉각수가 결합한 절단슬러지가 발생되는데, 이 절단슬러지가 작업을 방해하고 토양이나 지하수, 하천 등을 오염시키며, 절단슬러지에 포함된 물이 증발한 후에는 분진이 다시 대기를 오염시킨다는 단점이 있다. Park et al. (2014)은 이와 같은 습식 도로절단기의 문제점을 지적하고, 이를 개선하고자 건식 다이아몬드 절단날과 집진장치를 개발하였다. 그리고 이를 건식 도로절단기에 적용하였으며, 개발된 건식 친환경 도로절단기를 현장에 적용하여 성능을 평가하였다 (Fig. 3. 참조). 평가결과, 개발된 장비는 절단 깊이 90 mm에서 절단속도는 1.5 m/min이고, 분진 집진능력은 2,150 g/min이었다. 하지만 개발된 장치는 현장에 적용하기에 절단속도가 다소 느리다는 점이 한계인 것으로 판단된다.

Fig. 3. Dry type eco-friendly road cutter (Source: Park. et al. 2014).

Kim et al. (2020)은 습식 친환경 도로절단기에서 절단슬러지를 회수할 수 있도록 수냉-슬러지회수 통합시스템을 개발하고, 흡음커버 등으로 저소음을 구현하였다. 그리고 개발된 친환경 도로절단기를 현장에 적용하여, 기존의 저소음 도로절단기 대비 절단성능을 분석하는 등 성능을 평가하였다. 이 연구는 습식 친환경 도로절단기에 대해 생산성 등을 평가하였다는 데에 의의가 있으나, 친환경성에 대한 정량적 검증이 다소 부족하였다는 한계가 있다.

3. 분진회수 기술개발

3.1 수냉–슬러지회수 통합시스템 개발

분진이나 절단슬러지를 회수하는 방법으로 가장 많이 사용되는 것은 진공흡입 (suction)이다. 이 방법은 절단슬러지를 발생시키는 절단날 및 절단부위를 밀폐형 커버로 밀폐시킨 후에, 밀폐형 커버 내부의 진공흡입구를 통해 분진이나 절단슬러지를 흡입하는 것이다. 본 연구에서도 진공흡입 개념을 적용하였다.

진공흡입 개념이 적용된 수냉-슬러지회수 통합시스템은 크게 진공 (vacuum)장치와 슬러지흡입 (sludge suction)부로 구성된다. 진공장치는 진공 팬 (fan)과 진공탱크 그리고 슬러지 펌프로 구분되며, 진공흡입부는 절단날 커버와 진공흡입구로 구성된다.

진공 팬은 엔진부와 연결되어 작동되며, 전자 클러치가 설치되어 on/off할 수 있다. 진공 팬으로 내부의 공기를 배출시켜 진공상태로 만들면, 절단날 커버의 진공흡입구에서 슬러지를 흡입하게 된다.

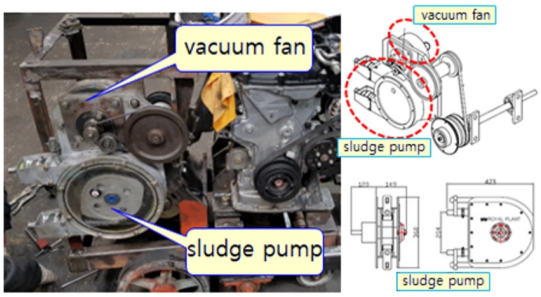


Fig. 4. Design and manufacturing of sludge pump and vacuum fan (Source: Kim et al.2019).

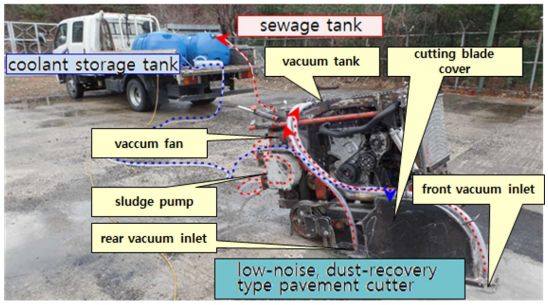


Fig. 5. Development of low-noise sludge recovery type pavement cutter and application of test bed (Source: Kim et al. 2019).

진공탱크란, 진공 팬이 작동되면서 절단날 커버에서 흡입한 절단슬러지가 1차적으로 모이는 곳을 말한다. 진공탱크는 내부에 슬러지망을 장착하며, 슬러지망 케이스면에 Ø4 mm의 구멍을 타공한다. 이 타공에 의해, 흡입된 절단슬러지 중 Ø4 mm 이상 크기의 돌가루들은 슬러지망에 저장되고, Ø4 mm 이하의 절단슬러지는 슬러지 펌프에 의해 슬러지 저장탱크로 이동되게 된다. 슬러지망은 탈부착식으로 되어 있어, 슬러지망을 탈착시켜서 저장된 Ø4 mm 이상 크기의 돌가루를 배출할 수 있다.

슬러지 펌프란, 진공탱크에서 배출된 Ø4 mm 이하 크기의 절단슬러지를 슬러지 저장탱크로 이송하는 펌프를 말한다. 진공 팬, 전자 클러치, 슬러지 펌프는 한 개의 모듈로 구성되어 한 개의 V-벨트로 작동되며, 각각 한 개의 흡입구와 배출구로 이루어진다 (Fig. 4. 참조).

진공흡입부는 절단날 커버와 진공흡입구로 구성된다. 절단날 커버 내부에는 냉각수 공급라인 1개 외에, 절단슬러지를 흡입하기 위한 라인이 2개 설치되는데 이것이 진공흡입구이다. 진공흡입구는 절단날 커버의 전면과 후면에 배치되는데, 절단부에서 발생된 절단슬러지는 전면에 배치된 흡입구에서 1차로 흡입하며, 전면 흡입구에서 흡입하지 못한 잔존 슬러지는 후면 흡입구로 흡입한다. 절단날 커버는 이중구조로 제작되고, 후단부 바닥에는 흡입율을 향상시키기 위하여 3개의 구멍이 타공된다. Table 1과 같이 절단날 커버는 목표 성능에 따라 2가지 크기로 제작하였다(Kim et al. 2019).

3.2 저소음·분진회수형 도로절단기 개발 및 테스트베드 적용

본 연구에서는 도출된 수냉-슬러지회수 통합시스템을 도로절단기에 적용하여, Fig. 5와 같이 장비를 개발하고, 테스트 베드에서 성능을 시험하였다. 개발된 도로절단기 본체에는 수냉-슬러지회수 통합시스템외에도 주요 부품으로 엔진, ECU 제어반, 틸팅 장치, 트랜스밋션 및 정유압변속장치 (Hydrostatic Transmission ; 이하 HST라 함) 등이 적용되었다. 주요 부품들의 기능은, 현대 감마 엔진(G4FC-4)이 가동되면, 절단날의 회전, 슬러지 회수, 구동 등을 위한 동력이 발생된다. ECU 제어반에는 엔진의 rpm, 틸팅장치, 슬러지 회수장치 등을 조절하는 제어장치가 설치되어 있다. 그리고 틸팅장치는 파워팩과 유압실린더로 구성되는데, DC 12V용 파워팩이 설치되어 유압실린더를 작동시킴으로서 도로절단기가 상하로 틸팅되도록 한다. 트랜스밋션 및 HST는 엔진의 구동력을 전달하기 위한 장치로, 엔진이 가동되면 V-벨트의 구동력 전달에 의해 HST의 유압펌

Table 1. blade size according to cutting depth (Source: Kim et al. 2019)

Division	Cutting blade size						
	Small size		Medium size			Large size	
	18″ (Ø460)	20″ (Ø510)	22″ (Ø560)	24″ (Ø610)	26″ (Ø660)	28″ (Ø710)	30″ (Ø760)
Cutting depth (mm)	150	175	200	225	250	275	300

프 및 모터가 작동되어 트렌스미션을 구동시킨다(Kim et al. 2018).

4. 친환경성 분석

4.1 절단슬러지 회수 성능

4.1.1 예비실험

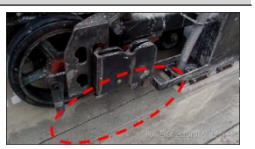
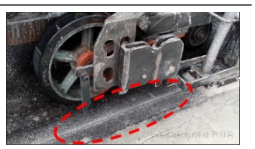
슬러지 회수장치에 대해서는 콘크리트 및 아스콘의 각 테스트 베드에서 도로포장을 절단한 후 절단슬러지의 흡입상태를 육안검사 하였으며, 포장재별 예비실험 결과는 Table 2와 같다. 절단슬러지를 흡입할 때, 진공탱크 내부의 슬러지망에는 Ø4~7 mm까지 입도의 작은 돌가루가 잘 분리되었고, 나머지는 양호하게 슬러지 저장탱크로 이송되었다.

4.1.2 본실험

본 연구에서 조사한 결과, 국내는 물론 해외 선진국에도 슬러지의 회수율에 대한 표준 시험방법이 발견되지 않았다. 따라서 공급된 냉각수의 양과 회수된 절단슬러지의 양을 측정하여 비교하는 방법으로 절단슬러지 회수율을 정량화 하였다(Fig. 6. 참조). 실험의 환경조건은 국내의 건설기계 소음도 측정방법인 환경부고시 제2016-219 호의 '건설기계, 휴대용 음향기기 및 가전제품 소음도 검사방법'에 따라 Table 3과 같이 설정하였다. 왜냐하면 본 연구에서는 콘크리트 포장에서 소음을 측정함과 동시에 회수율도 확인하였기 때문이다.

회수율 측정을 위하여, 동일한 직경의 급수통과 배수통을 준비하고, 시험 중에 급수통의 수위 저하량 대비 배수통의 수위 상승량을 측정하여, 회수율을 산출하였다. 개발된 장비의 절단슬러지 회수율을 5회 산출한 결과는 Table 4와 같다. 측정 결과를 보면, 회수율은 83 - 100%로, 매우 우수한 성능을 보여주고 있다. 100%가 나오는 이유는, 공급되는 냉각수와 절단부위의 도로포장재 파편 등이 섞어서 절단슬러지가 되는데, 이들을 모두 회수하기 때문인 것으로 파악된다. 다시 말하면, 절단슬러지는 냉각수와 콘크리트 파편이 섞여서 만들어지므로, 공급된 냉각수의 부피보다 절단슬러지의 부피가 커지게 된다. 따라서 비록 약간의 절단슬러지가 절단부위 부근에 잔존할 지라도, 대부분의 절단슬러지

Table 2. Preliminary test result of sludge recovery

Division	Testbed size (m) W×L×D	Number of tests	Vacuum state	Picture
Cement Concrete	5×15×0.4	10	Good	
Asphalt Concrete	2.5×15×0.4	10	Good	

(a) Measurement of cooling water before starting cutting test

(b) Measurement of sewage after the end of cutting test

Fig. 6. Rate measurement of sludge recovery (Source: Kim et al. 2019).

Table 3. Conditions and methods for measuring recovery rate

Test conditions and methods	
Wind speed	2.5 ± 1 m/s
Temperature	4 ± 1℃
Humidity	50 ± 5% R.H.
Test mode (largest blade)	- Stop work: cut in place - Moving work: Cutting while moving
Test Methods : Ministry of Environment Notice No. 2014-201	- Measurement by test mode based on maximum RPM after preheating - Measured 3 times and calculated the arithmetic average of the difference within 1 dB of the high measured values

Table 4. Measurement result of cutting sludge recovery rate

Division	Water tank level	Drain level	Recovery rate
Initial setting	200	80	N/A
1	170	105	25/30×100 = 83.3%
2	160	115	10/10×100 = 100%
3	120	150	35/40×100 = 87.5%
4	95	175	25/25×100 = 100%
5	55	213	38/40×100 = 95%

가 회수되면 100%의 회수율이 나올 수 있는 것이다. 기존의 도로절단기는 절단슬러지가 방치되어 노면세척 등의 과정을 거쳐야 하며, 세척수가 우수관로로 배출되거나 굴착부로 습수되어 수질오염이나 토질오염의 원인이 되기도 한다. 개발된 절단기는 발생된 절단슬러지를 대부분 회수하므로 환경오염 우려를 크게 감소시킬 것으로 예상된다.

4.2 저소음 성능

4.2.1 예비실험

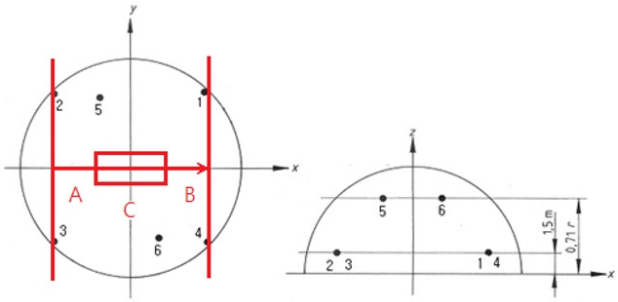
개발된 장비의 슬러지 회수 상태를 육안검사 하면서 동시에, 소음 측정정비를 Fig. 7과 같이 약 10 m 이격한 위치에 설치하여 예비적으로 소음을 측정하였다. 측정된 소음 데이터는 75 - 83 dB 수준으로 평균 81.3 dB였다. 소음 측정 과정에서 극히 짧은 시간 동안 75 dB 이하의 매우 낮은 값이 측정되는 경우도 있었으나, 본 연구에서는 이러한 값들이 특이값이라고 판단하고, 분석대상에서 제외하였다.

4.2.2 본실험

전술한 바와 같이, 본 연구에서는 회수율 측정과 저소음 측정을 동시에 수행하였다. 따라서 소음을 측정한

Fig. 7. Rate measurement of sludge recovery (Source: Kim et al. 2019).

시험조건과 방법은, 회수율 측정과 동일하게, Table 3과 같다. 그리고 실험방법은 국내의 건설기계 소음도 측정방법인 환경부고시 제2016-219 호의 '건설기계, 휴대용 음향기기 및 가전제품 소음도 검사방법'에 따랐다. 개발된 장비는 길이가 1.5 m 이내이므로, 환경부 고시에 따라 측정면의 반경을 4 m로 설정하고, Fig. 8과 같이 마이크로폰의 설치위치를 설정하였다. 또한 이 고시를 보면, 소음측정은 옥외측정을 원칙으로 하며, 소음측정 결과에 배경소음 등이 현저하게 영향을 미치지 않는 지역으로서, 음원중심에서 측정거리 (측정면 반



microphone number	x/r	y/r	z
1	0.7	0.7	1.5 m
2	-0.7	0.7	1.5 m
3	-0.7	-0.7	1.5 m
4	0.7	-0.7	1.5 m
5	-0.27	0.65	0.71 r
6	0.27	-0.65	0.71 r

2) The radius r of the measuring surface along the basic length l of the test machine is, in principle, as follows.

$l < 1.5$ m ..... $r = 4$ m

1.5 m $\leq l < 4$ m ..... $r = 10$ m

4 m $\leq l$ ..... $r = 16$ m

Fig. 8. Measurement coordinates for the test.

Fig. 9. Installation of noise level measurement equipment (Source: Kim et al. 2019).

경)의 3배 거리 범위 내에 음의 반사물체가 없는 평지에서 실시하도록 되어 있다. 본 연구에서 구축한 테스트베드가 이러한 조건에 모두 부합하므로, 테스트베드에 소음도 측정장비를 설치하고 (Fig. 9 참조), 도로절단 실험을 진행하였다. 소음도 측정대상 기계는 가동상태에서 측정하였으며, 엔진출력은 최대 RPM으로 하였다. 측정은 3회 반복해서 측정하며, 3개중 2개의 수치가 1 dB 이상 차이가 나지 않을 때까지 계속하여 측정하였다. 또한 음향파워레벨은 1 dB 이내의 차이가 되는 수치 중 큰 쪽의 두 개 수치를 산술평균하여 소수점 첫째 자리에서 반올림한 정수 값으로 결정하였다. 여기에서 음향파워레벨은 대수를 이용하여 음향파워를 나타낸 것으로, 1초의 단위시간 동안에 방사된 모든 음향에너지를 의미한다. 전술한 환경부고시에서는 음향파워레벨로 소음을 평가하도록 되어 있으므로, 본 연구에서도 이 레벨을 적용하도록 한다.

소음도 측정 결과, 측정값의 평균은 4 m 이격 거리에서 Table 5와 같이 평균 82 - 83 dB 수준이다. 본 연구에서는 저소음 목표를 85 dB이하로 설정하였으므로, 개발된 장비는 본 연구에서 설정한 저소음 목표성능을 달성한 것으로 판단된다. 다만 이를 음향파워레벨(Lw)로 산술평균한 값은 115 dB 수준인 것으로 확인되었다. 기

Table 5. Measurement result of noise level

Test mode	Number of tests	Result of test dB(A)								
		pt.1	pt.2	pt.3	pt.4	pt.5	pt.6	Average	Lw	
Background sound	-	42.5	41.8	41.0	42.3	44.3	43.5	42.6	-	-
Stop work	1st	81.0	81.2	84.1	85.8	80.6	85.0	82.9	115.5	115.4
	2nd	80.8	81.0	83.7	85.6	80.3	84.9	82.7	115.3	
	3rd	81.0	81.3	83.9	85.6	80.5	84.8	82.8	115.4	
Moving work	1st	84.7	83.3	81.8	83.3	83.3	83.2	83.2	115.3	115.2
	2nd	83.1	82.0	81.7	84.6	82.2	82.8	82.8	115.0	
	3rd	82.2	81.7	82.4	85.1	82.0	82.8	82.8	115.0	

존의 도로절단기의 절단소음을 10 m거리에서 측정할 때 통상 120 – 130 dB 이상이 나오고, 기존의 저소음 도로절단기도 약 100 dB 수준이 나오는 것으로 알려져 있다 (Kim et al. 2019). 개발된 장비는 4 m를 이격하여 측정했을 때 평균 85 dB 이하의 소음을 유발하므로, 도로절단 현장의 소음공해 저감에 기여할 것으로 기대된다.

5. 결 론

최근에 상하수관로, 지역난방 열공급관로 등의 유지보수를 위해 도로를 굴착하는 빈도가 증가하면서, 도로절단 작업도 급증하고 있다. 그런데 도로절단기로 도로포장을 절단하는 과정에 소음과 함께 분진 (절단슬러지)이 많이 발생하여 환경오염과 민원의 원인이 되고 있다. 기존에 이러한 문제점을 해결하고자 분진을 회수하는 장비가 개발된 사례가 있으나, 친환경성이 정량화되지 않아 현업에 적용하기 위한 근거가 빈약하였다. 이에 본 연구에서는 소음과 분진과 같은 환경위해요인의 발생원인을 근본적으로 제거할 수 있는 저소음·분진회수형 도로절단기를 제시하고, 이 절단기로 수행하는 도로절단 작업에 대한 친환경성을 평가하였다 이를 위하여 본 연구에서는 진공장치와 슬러지흡입부로 구성된 수냉-슬러지회수 통합시스템을 개발하고, 개발된 시스템을 습식 도로절단기에 적용하였다. 그리고 개발된 장비를 테스트 베드에 적용하여 친환경성 관련 데이터를 수집하고, 친환경성을 평가하였다. 평가 결과, 개발된 장비의 절단슬러지 회수율은 83% 이상이었으며, 소음도는 82 - 83 dB, 음향파워레벨은 115 dB 수준이었다. 본 연구의 결과는 개발된 도로절단기를 현업에 적용시키는 데에 근거를 제공할 뿐만 아니라, 향후에 절단슬러지 회수성능과 저소음 성능을 개선하는 데에도 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 본 연구는 건설교통부 R&D “도로 미세먼지 저감 기술 개발 및 실증연구 (과제번호 21POQW-B152342-03)”에 의해 수행된 결과의 일부입니다.

References

Kim, K. 2020. A feasibility analysis of a low noise and dust suction type pavement cutter. Ecology and Resilient Infrastructure 7(4): 274-283. DOI: https://doi.org/10.17820/eri.2020.7.4.274

Kim, K., Kang, T., Ok, C., Kim, K., Um, I., Kim, M., Jung, A., Jun, Y., Kim, J., and Ahn, J. 2019. Development of high-performance, eco-friendly road pavement cutting technology for road excavation work in urban residential areas. Korea Institute of Civil engineering and building Technology, Kyunggi, Korea. (in Korean)

Kim, K., Kang, T., Ok, C., Um, I., Kim, M., Jung, A., and Jun, Y. 2018. Development of high-performance, eco-friendly road pavement cutting technology for road excavation work in urban residential areas (1st year). Korea Institute of Civil engineering and building Technology, Kyunggi, Korea. (in Korean)

Kim, K. and Jun, Y. 2018, Analysis of pavement cutting technology to develop eco-friendly pavement cutting machine. Proceedings of KICEM Annual Conference 2018, Korea Institute of Construction Engineering and Management, Seoul, Korea pp.175-176. (in Korean)

Kim, K., Jun, Y., and Kim K. 2020. A study on the field

performance analysis of eco-friendly road cutter. Korea Journal of Construction Engineering and Management 21(4): 12-20. DOI: http://org/10.6106/KJCEM.2020.21.4.012

Park, S. 2018, Hot water pipe rupture in Ansan... Anxiety about '203 abnormal signs of old heat transport pipes'. Chosun Ilbo, https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2018/12/13/2018121301405.html. Accessed September. 10, 2021) (in Korean)

Park, Y., Joo, J., and Lee, G. 2014. Development of eco-friendly a road cutter. Journal of the Institute of Construction Technology, CBNU 22(2): 97-103 (in Korean)