

친환경 도로굴착 시공을 위한 도로절단기 개발

김균태*

*한국건설기술연구원 건설정책연구소 연구위원

Development of a Pavement Cutter for Eco-friendly Road Excavation Construction

Kim, Kyoontai*

*Research Fellow, Construction Policy Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Abstract : Recently, as underground facilities buried under roads in Korea are aging, the amount of underground facility maintenance work is rapidly increasing. For the maintenance and management of such underground facilities, the cutting work of the road pavement should be preceded. However, the conventional road pavement cutters used in Korea are not eco-friendly, and the reality is that they generate a lot of noise and cutting sludge (scattering dust). Therefore, in this study, the concept of the cutting sludge recovery device was derived, and an eco-friendly pavement cutter including this function was designed and manufactured. The developed equipment took about 20 to 30 seconds to cut 1m to a depth of 100 to 150mm. Also, the sludge suction performance was good in most sections, and the noise level of the equipment briefly measured at a distance of 2m was 82.7dB on average. However, due to the limitation that the developed equipment was at the level of the first prototype, the driving stability was somewhat low, and equipment abnormalities such as engine shutdown and sludge recovery performance decreased in some cases. The cutting performance and sludge recovery function will be more stable through tuning and improvement of the developed prototype in the future. In addition, we plan to quantitatively compare and analyze productivity by applying the improved prototype to actual field conditions.

Keywords : Eco-friendly, Pavement Cutter, Low-noise, Dust-suction, Sludge Suction, Construction Automation

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2018년 12월에 경기도 고양시 백석역 인근에서 지하열수 송관이 파열되어 1명이 사망하고 23명이 부상당하는 사고가 있었다. 이를 계기로 한국지역난방공사는 소관 열수송관 686km를 긴급점검 하였는데, 이상 징후가 발견된 곳이 203 곳에 달하였다(Shin, 2018). 이와 같은 문제점에 대응하기 위하여, 정부에서는 2019년 6월에 '지속가능한 기반시설의 안전성 강화를 위한 종합계획'을 마련하고, 이를 기반으로 노후 상하수도관 등 지하시설 개선사업을 지속적으로 추진하고 있다.

* **Corresponding author:** Kim, Kyoontai, Construction Policy Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2311 Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, Korea

E-mail : ktkim@kict.re.kr

Received September 30, 2022; **revised** -

accepted November 25, 2022

도로 하부에는 열수송관, 상하수도관, 통신관로 등 다양한 지하시설물이 매설되어 있다. 이러한 지하시설물을 개선하기 위해서는 사전에 도로를 굴착하여야 하며, 도로 굴착 작업의 첫 번째 단계는 아스팔트 콘크리트(이하, 아스콘), 콘크리트 등의 도로포장재를 절단하는 것이다. 도로포장 절단 작업에는 다이아몬드 휠소우 등의 절단날이 장착된 도로포장 절단기(이하, 도로절단기)가 사용된다. 그런데 도로포장재를 절단날로 절단하는 과정에서 소음, 비산먼지, 절단슬러지 등의 유해환경요인이 과도하게 유발된다. 유발된 유해환경요인들은 인근 주민들이 민원을 제기하는 원인이 되며, 제기된 민원으로 인하여 절단작업이 중단되는 경우도 빈번하게 발생한다. 최근에 분진(미세먼지)이나 소음, 진동과 같은 환경 문제에 대한 관심이 고조되고 있다. 따라서 도로절단과 같은 건설작업에서도 환경오염의 원인을 제거하고 인근 주민과 근로자에게 쾌적한 환경을 제공하기 위한 새로운 공법이나 장비를 개발해야 할 필요성이 증가하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 친환경 도로굴착 시공을 위하여 저소음 및 슬러지 회수 기능을 갖춘 친환경 도로절단기를 개

발하는 것을 목적으로 하였다. 구체적으로 절단슬러지 회수 장치를 도출하고 이를 포함하는 친환경 도로절단기를 설계, 제작, 성능평가 하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 개발 대상은 도로포장 절단작업을 위한 도로 절단기이다. 기존의 도로절단기는 소음과 비산먼지(또는 절단슬러지)를 다수 발생시키므로, 본 연구에서는 절단슬러지를 회수하기 위한 장치 개발과 장비의 저소음화에 주력하고자 한다. 다만 장비에 밀폐형 커버, 흡음재, 방진패드 등을 적용하면 상당히 저소음화 되는 것이 일반적이다. 따라서 본 연구에서는 절단슬러지 회수 방안 도출에 집중하고자 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 우선, 기존의 도로절단 작업을 조사하고 그 문제점을 작업효율과 친환경성 측면에서 분석한다. 다음으로 도로절단 기술의 특허동향과 작업기준을 파악한다. 그리고 조사된 현황자료를 바탕으로, 친환경 도로절단기의 개념을 도출하고, 개념설계 및 상세설계를 수행하고, 설계에 따라 장비를 개발한다. 마지막으로 장비의 성능평가를 위한 테스트베드를 구축하고, 장비를 테스트 베드에 적용하여 성능을 평가하고, 문제점과 개선사항을 도출하도록 한다. 장비의 성능평가에서는 절단성능, 절단슬러지 회수 성능, 소음도 등을 측정하도록 한다.

2. 기술 동향 분석

2.1 기존 도로절단 작업의 현황 및 문제점

2.1.1 도로절단 작업

본 연구에서는 도로절단 작업 분석을 위하여 현장조사를 수행하였다. 도로절단 작업을 개략적으로 설명하면, 우선 포장면에 먹줄이나 스프레이로 가이드라인을 그린 후(Fig. 1(a)), 도로절단기를 활용하여 가이드라인을 따라 도로포장재를 절단한다(Fig. 1(b)). 이때 통상적으로는 가이드라인을 바둑판 모양으로 그린 후, 수평·수직으로 절단하게 된다. 왜냐하면 바둑판 모양으로 절단하여야, 다음 공정에서 백호 등으로 절단된 포장재를 들어내는 것이 용이하기 때문이다. 다음으로 절단시 발생하는 슬러지(절단슬러지)를 청소하게 되며(Fig. 1(c)), 백호 등을 이용하여 절단된 포장재를 들어내는 과정을 거치게 된다(Fig. 1(d)).

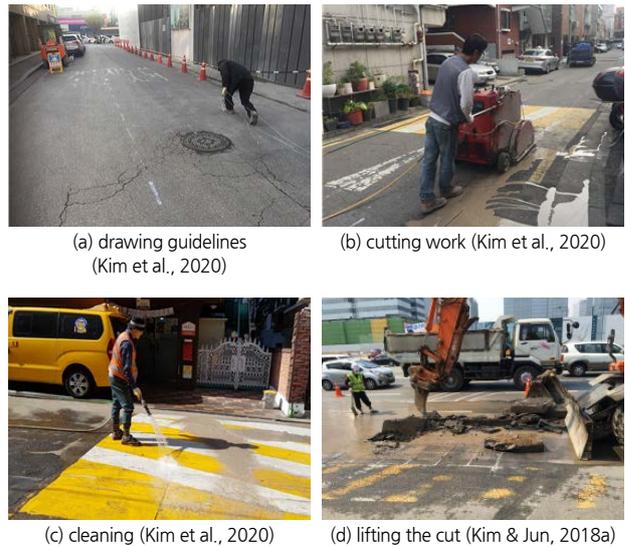


Fig. 1. The procedure of road pavement cutting work

2.1.2 기존 도로절단 작업의 문제점

(1) 작업 비효율

통상 도로포장재의 두께는 200mm 이하이다. 하지만 도심지 주거지역과 같은 경우에는 덧씌우기 등으로 인하여 포장 두께가 300mm를 초과하는 경우도 발견된다. 이와 같이 포장 두께가 두꺼운 경우에 기존의 소형 도로절단기를 적용하려면, 아스콘, 콘크리트와 같은 도로포장재를 150mm 전후의 깊이로 절단한 후, 브레이커로 파쇄작업을 다시 수행하여야 한다. 왜냐하면 기존의 소형 도로절단기는 절단 깊이가 약 150mm 전후로 얕아서, 아스팔트층 하부에 미절단부가 존재하게 되며, 이러한 미절단된 하부를 파쇄하는 데에 브레이커가 사용되는 것이다(Kim & Jun, 2018a). 그런데 동일한 도로면을 한번 절단한 후에 다시 파쇄하는 것은 이중작업으로, 작업 비효율과 생산성 저하의 원인이 된다.

(2) 유해환경요인

기존의 도로절단기로 도로를 절단하는 작업은 소음, 분진, 진동 등의 유해환경요인을 유발한다. 통상 기존 도로절단기로 절단하는 과정에서 130dB 가량의 소음이 발생하는 것으로 알려져 있는데, 엔진과 절단날이 개방되어 있기 때문이다. 여기에 브레이커 파쇄작업까지 추가된다면, 130dB를 초과하는 소음과 분진, 진동이 발생하게 된다(Kim & Jun, 2018a).

전술한 바와 같이, 기존의 도로절단기는 개방형 절단날을 사용하기 때문에, 절단면에서 많은 비산먼지가 발생하는 것이다. 기존 도로절단기를 절단날의 냉각방식에 따라 구분하면, 공랭식과 수랭식이 있다. 공랭식의 경우, 절단날이 공기 중에 노출되므로 비산먼지가 공기 중에 바로 확산될 가능성이 더 크다. 수랭식의 경우, 절단날을 냉각하기 위해 절단날

에 공급되는 냉각수와 비산먼지가 섞여서 절단슬러지가 되므로, 비산먼지는 덜 확산될 수 있다. 하지만 절단슬러지가 방치될 경우, 건조된 후에 비산먼지가 재확산되기도 한다. 이를 방지하기 위하여 절단슬러지 청소작업을 수행하게 되는데, 이는 생산성 저하와 비용증가의 원인이 된다. 또한 절단슬러지가 청소과정에서 우수관으로 흘러들어가서 수질을 오염시키거나, 절단면을 통해 토양에 흡수되어 토양, 수질 등을 오염시킬 우려도 있다.

2.2 도로절단 기술의 특허동향

본 연구에서는 친환경 도로절단기 개발의 방향을 설정하기 위하여, KEYWERT 검색 DB를 활용하여 한국, 미국, 일본 및 유럽의 도로절단 기술 관련 특허를 검색하였다. 특허검색을 위하여 연구진, 특허전문가, 자문위원 등의 협의를 통해 자체적인 기술분류를 설정하였다. 설정된 중분류는 고성능 차음 도로 절단기 개발 기술(AA), 고성능 집진 도로 절단기 개발 기술(AB) 그리고 도로 청소차 고성능 집진 설비 개발 기술(AC) 등이다(Kim & Jun, 2018b).

본 연구에서는 AA 기술과 AB 기술의 유효 특허 데이터를 통합하여, 특허기술의 랜드스케이프(landscape)를 분석하였다. 도로절단 기술의 전체 특허 동향을 살펴보면, 분석기간 초기부터 최근까지 출원 수가 비교적 일정한 형태로 유지되고 있음을 알 수 있다. 그리고 국가별로는 한국(KIPO) 39건(23%), 미국(USPTO) 34건(34%), 일본(JPO) 90건(52%), 유럽(EPO) 9건(9%)의 특허가 출원되는 분포를 보이고 있어(Kim & Jun, 2018b), 일본이 본 기술에 대한 특허를 가장 많이 보유하고 있음을 알 수 있다(Fig. 2).

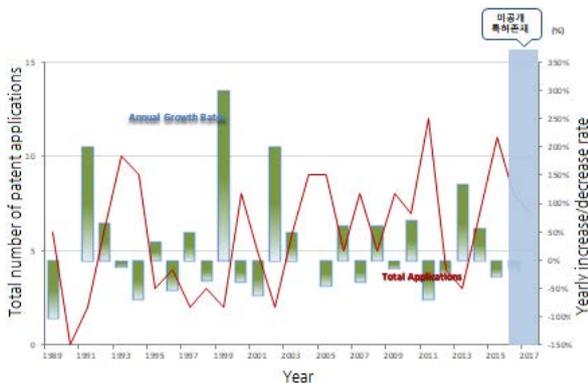


Fig. 2. Patent application trend by year (Kim & Jun, 2018b)

조사된 핵심기술에 대하여 해결목적(object) 및 해결수단(solution)을 교차나열한 결과, 저소음, 방음, 비산방지, 집진 성능 향상이라는 목적을 위한 해결수단으로 휠커버 구조 개선을 채택하는 경우가 많았다. 또 집진성능 향상이라는 목적을 위해서는 휠커버 구조 개선, 집진탱크/유로 구조 개선, 사

이클론 집진 방식 도입, 집진기 구동계 개선, 절단휠 후방구조 개선 등의 해결수단을 채택하였다.

2.3 도로절단 작업기준 및 적용 현황

새로운 장비는 현행 작업기준에 적합하게 개발되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 친환경 도로절단기 개발을 위하여, 도로절단 작업기준들을 조사분석 하였다. 한국건설기술 연구원의 2022년도 건설공사표준품셈과 서울시의 2018년도 도로포장 유지관리 매뉴얼을 보면, 긴급보수포장 관리지침에 따른 소규모 도로굴착복구공사를 정의하고 있다. 소규모 도로굴착복구공사란 관리도로의 소규모 긴급복구공사를 말하는데, 안전사고 발생 위험이 있는 포트홀, 침하, 함몰, 동공 등의 도로파손이나 기타 시급한 보수를 요하는 경우에 수행한다.

소규모 응급 복구 공사는 기존 도로의 파손부에서 수행되는데, 파손부 포장재의 파쇄(절단), 굴착, 골재치환 및 다짐, 유제살포, 기층 및 표층 포설 및 다짐 등의 작업이 수행된다. 이들 작업 중 포장재 절단장비로 커터(도로절단기)가 사용된다. 긴급보수포장 관리공사는 발생한 돌발상황에 대응하는 임시작업이라는 특징이 있다. 따라서 품질관리보다는 긴급대응을 우선시 하게 되고, 품질관리가 잘 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 연간단가계약 조건에는 공사내역에 품질관리 품, 단가, 다양한 작업 등의 항목을 반영하고 긴급복구 과정 중의 품질관리계획(인력, 재료, 장비 수급계획)도 반영하게 되어 있다. 그러나 현업에서 실질적으로 적용되는 데에는 한계가 있다. 또한 이러한 특수성으로 인하여 환경관리도 미흡하여, 비산먼지(미세먼지), 소음, 진동 등에 대한 관리가 충실하게 이루어지지 않는 경우가 있다(Jun et al., 2019).

3. 친환경 도로절단기 개발

3.1 친환경 도로절단기 개념

기존의 도로절단기가 유발하는 주요 유해환경요인은 비산먼지와 소음이다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 친환경 도로절단기에서는 이들 비산먼지와 소음을 저감하는 데에 초점을 맞추었다. 비산먼지와 소음 발생을 줄이기 위해서는 우선 밀폐형 엔진과 절단날을 사용하도록 한다. 그리고 밀폐형 절단부에 슬러지 회수장치를 부가하여, 도로절단 작업 과정에서 발생하는 절단슬러지가 도로에 방치되거나 공기중에 비산되지 않고 회수되도록 한다. 또한 엔진과 절단부를 커버로 밀폐시키면서, 커버 내부에 흡음재를 적용하여 엔진 구동 및 절단 과정에서 발생하는 소음을 최대한 저감시키도록 한다.

일반적으로 비산먼지, 절단슬러지 등을 회수하는 가장 좋

은 방법은 진공흡입(suction)하는 것이다. 즉, 절단슬러지가 발생하는 절단부를 밀폐형 커버로 밀폐시킨 후, 커버 내부에 설치된 흡입구에서 절단슬러지와 비산먼지를 진공흡입하는 것이다(Kim et al., 2020). 본 연구에서도 친환경 도로절단기에 이러한 진공흡입의 개념을 적용하였다. <Fig. 3>에서, ①~⑥의 기능을 갖추고 있는 기존 도로절단기에 진공흡입과 같은 절단슬러지 회수기능이 부가되기 위해서는, ⑦ 슬러지 흡입구, ⑧ 진공탱크, ⑨ 진공팬, ⑩ 슬러지펌프, ⑪ 슬러지 저장 탱크 등과 이들을 이어주는 냉각수 공급/회수라인이 필요하다.

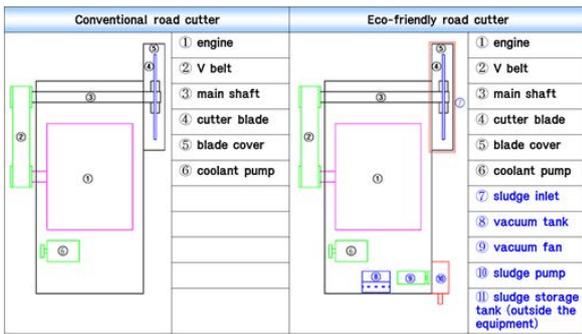


Fig. 3. Structure comparison of the conventional and the proposed pavement cutters (Kim et al., 2020)

<Fig. 3>을 기반으로 절단슬러지 회수를 위한 추가기능들의 흐름을 살펴보면, 우선 장비의 ① 엔진이 회전하여 전자 클러치를 작동시키면, 전자클러치에 ② V-벨트로 연결된 ⑨ 진공팬(fan)과 ⑩ 슬러지펌프가 함께 작동된다. 그리고 ⑨ 진공팬이 작동되면, 바닥면과 밀착되어 있는 ⑤ 절단날 커버의 내부에 발생한 절단슬러지가 슬러지 흡입구를 통해 흡입된다. 흡입된 절단슬러지는 ⑧ 진공탱크 내의 슬러지망을 통과하여, 배출라인을 통해 오수와 함께 ⑩ 슬러지 펌프로 이동한다. ⑩ 슬러지 펌프는 슬러지회수라인을 통해 장비 외부의 ⑪ 슬러지저장탱크로 슬러지를 이송한다(Kim et al., 2020). 이러한 흐름 상에서, 흡입된 슬러지에 포함된 일정 크기 이상의 자갈이 배출라인 등을 막을 수 있다. 이를 방지하기 위하여 진공탱크 내부에 슬러지망을 구비하여, 일정 크기 이상의 자갈은 걸러내도록 한다.

3.2 개념설계 및 상세설계

<Fig. 3>을 발전시킨 친환경 도로절단기의 개념설계는 <Fig. 4>와 같으며, 각각의 기능에 대한 상세 설명은 <Table 1>과 같다. 친환경 도로절단기는 재래식 도로절단기의 기능에 슬러지회수 기능이 추가되는 것이므로, 본 연구에서는 기존의 도로절단기와 차별화되는 기능인 슬러지 회수장치의 개념을 설계하였다. 슬러지 회수장치는 진공탱크(3-1), 진공팬(3-2), 슬러지펌프(3-3), 절단날 커버측 흡입구(4-1), 흡입라인(4-2) 및 배출 라인(6)으로 구성된다. 전술한 바와 같

이, 엔진(1)은 V-벨트로 진공팬(3-2)과 슬러지펌프(3-3)에 연결되어 있으며, 엔진(1)이 가동되면 이들도 같이 구동된다. 그러면 절단날 커버의 흡입부(4)측에서 흡입구(4-1)를 통해 절단슬러지가 흡입된다. 흡입라인(4-2)에서 흡입된 절단슬러지 중 Ø4mm 이상의 자갈은 진공탱크(3-1) 내부의 슬러지망을 통해 여과되어 배출라인(6)의 막힘을 방지한다. 그리고 슬러지 망을 통과한 절단슬러지는 배출라인(6)을 통해 슬러지 펌프(3-3)로 이동하고, 다시 배출라인(6)을 통해 슬러지탱크(8)로 배출된다.

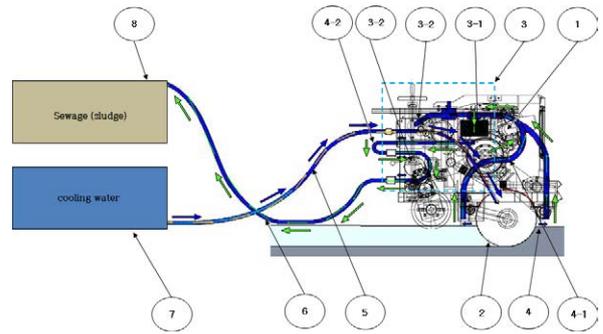


Fig. 4. Conceptual design of the eco-friendly pavement cutter (Kim et al., 2019)

Table 1. System configuration of the eco-friendly pavement cutter (Kim et al., 2020)

number	name	detail of fuction	remark
1	Engine	High performance engine	
2	Cutting blade	Size max. 30" or less	
3	Vacuum device part		Vacuum device parts
3-1	Vacuum tank	Storage of fine gravel, etc.	
3-2	Vacuum fan	2m ³ /min	
3-3	Sludge pump	9l/min	
4	Sludge suction part		For sludge recovery
4-1	Sludge suction port		
4-2	Sludge suction line	ø25mm	
5	Cooling water supply line	ø16mm	For cooling water supply
6	Sludge discharge line	ø19mm	
7	Water tank (coolant)	400ℓ	
8	Water tank (storing sludge)	400ℓ	

본 연구에서는 도출된 슬러지 회수 개념을 포함하여, 친환경 도로절단기 전체를 상세하게 설계하였으며, 그 결과를 <Fig. 5>에 나타내었다. 저소음 기능의 상당 부분은 밀폐형 덮개 설치, 흡음재 충전, 방진패드 부착 등의 방법으로 해결할 수 있으므로(Kim et al., 2020), 도면에서는 따로 강조하지 않았다.

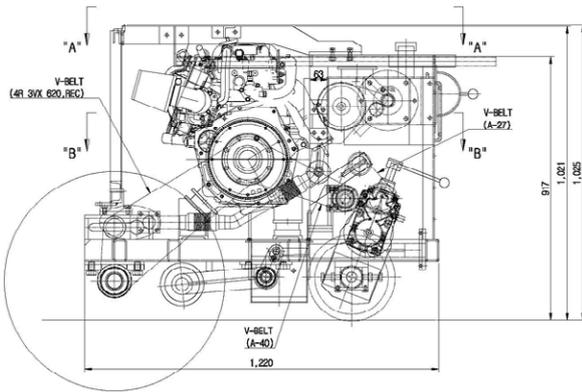


Fig. 5. Detailed design of the eco-friendly pavement cutter (Kim et al., 2019)

3.3 친환경 도로절단기 제작

본 연구에서는 도출된 상세설계 결과에 따라 친환경 도로절단기를 제작하였다. 우선 본체를 구성할 프레임을 제작하고, 제작된 프레임에 엔진, 트랜스미션, 하이드로스테틱 (hydro-static) 트랜스미션 등을 설치하였다. 다음으로 슬러지 펌프, 진공 팬 등 슬러지 회수 시스템의 주요 부품을 설치하였다. 그리고 조작부, 파워팩 등의 사용자 친화적인 장치를 부착한 후, 절단날 구동장치와 틸팅장치를 설치하였다 (Kim et al., 2022). 이와 같은 장비 개발 과정은 <Fig. 6>과 같으며, 개발 중인 1차 프로토타입의 주요 구성은 <Fig. 7>과 같다. 그리고 장비의 구성품 보호, 소음 차단 등을 위하여 케이스를 씌운 모습은 <Fig. 8>과 같다.



Fig. 6. Manufacturing process of the eco-friendly pavement cutter (Kim et al., 2019)

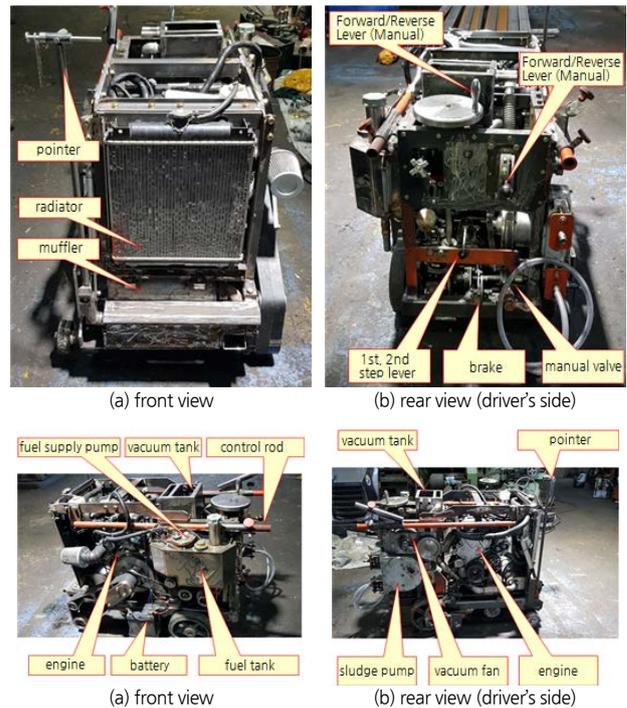


Fig. 7. Main components of the developed pavement cutter (Kim et al., 2018)



Fig. 8. Eco-friendly pavement cutter developed (Kim et al., 2019)

4. 성능 평가를 통한 개선사항 도출

4.1 테스트베드 구축

본 연구에서 개발 목표로 설정한 친환경 도로절단기는 비산먼지 확산과 소음 유발을 저감시키는 것이다. 또한 도심지 주거지역에서 닳뜨우기 되어 포장두께가 300mm에 이르는 경우가 있으므로, 이 정도를 한 번에 절단하는 것이 최종 목표이다. 이러한 목표달성 여부를 확인하기 위하여, 본 연구에서는 테스트베드를 구축하였다. 테스트베드에서는 절단성능 뿐만 아니라 절단과정에서 발생하는 슬러지 회수 기능과 저소음 성능을 실험한다. 이러한 실험을 위해서는 주변에 음을 반사하는 물체가 없고 평탄한 개활지가 적합하므로, 평탄한 개활지인 00사의 주차장 부지를 테스트베드 장소로

선정하였다.

개발된 친환경 도로절단기가 일정거리 이상을 주행하면서 수행하는 절단작업의 성능을 시험할 수 있어야 하므로 테스트베드의 폭은 2,000mm, 길이는 5,000mm로 하였고, 절단 가능 두께가 300mm 이상임을 확인하기 위하여 포장재의 두께는 400mm로 하였다. 도로포장재로는 아스콘과 콘크리트가 사용되는 것이 일반적이므로, 테스트베드에도 이들을 모두 사용하였는데, 폭 2,000mm 중 1,000mm는 아스콘으로, 나머지 1,000mm는 콘크리트로 포장하였다. 이와 같이 개발 장비의 시험 방법, 평가 지표 등을 고려하여 테스트베드를 설계한 후, 실제 구축하는 과정은 <Fig. 9>와 같다(Kim et al., 2019).

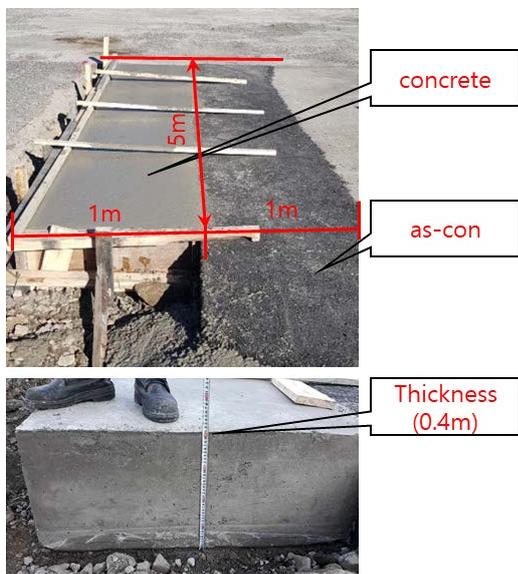


Fig. 9. Build a test bed

4.2 성능평가

<Fig. 10>과 같이 테스트베드에서 절단시험 한 결과, 100~150mm 깊이로 1m를 절단하는데 20~30초 가량이 소요되었다. 도로절단 작업 경험이 풍부한 운전원 인터뷰 결과, 기존의 소형 도로절단기로 유사한 깊이를 절단할 때 30~60초가 소요되고, 기존의 대형 도로절단기로 절단할 때에는 15~30초가 소요된다. 따라서 개발된 친환경 도로절단기는 기존의 대형 도로절단기와 유사한 절단성능을 보이는 것으로 평가할 수 있었다.



Fig. 10. Performance evaluation (Kim et al., 2019)

절단슬러지 회수의 경우, 국내에서는 평가 기준이 미비한 상황이고, 일본과 같은 해외 선진국에서도 육안검사에 의존하고 있다. 따라서 본 실험에서도 육안검사로 잔존 절단슬러지를 평가하였다. <Fig. 11(a)>와 같이, 절단실험을 여러 번 반복한 결과, 대부분의 구간에서 절단 슬러지가 거의 잔존하지 않는 등 슬러지 흡입이 양호하게 진행되었다. 또한 흡입된 슬러지가 진공탱크내의 슬러지망(Ø4mm 타공)을 통과하면서 Ø4~7mm까지 입도의 작은 돌가루가 분리되었고, 나머지는 양호하게 슬러지 저장탱크로 이송되었다(<Fig. 11(b)>). 따라서 장비의 슬러지 회수 성능이 양호한 것으로 판단되었다.

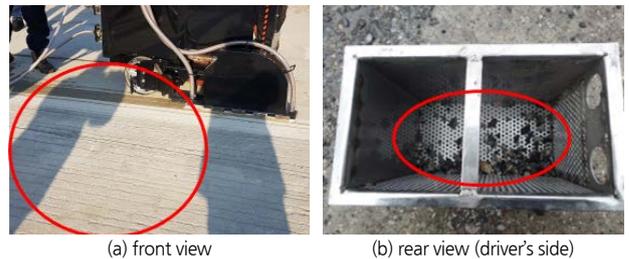


Fig. 11. Results of sludge recovery

소음도의 경우, 2m 이내의 거리에서 간이측정기를 활용하여 약식으로 측정하였다. 그 결과, <Fig. 12>와 같이, 77~84dB로 측정되어, 평균 82.7dB 수준이었다. 전술한 바와 같이, 기존 도로절단기는 약 130dB의 소음을 유발하고, 비산 먼지가 공기중에 확산되거나 도로면에 절단슬러지가 잔존한다. 이러한 점과 비교할 때, 개발된 장비는 도로절단 작업에서 유해환경요인을 크게 제거했다고 평가할 수 있다. 또한 300mm까지 한 번에 절단할 수 있으므로, 두꺼운 포장에 대하여 한번 절단한 후에 브레이커로 파쇄하는 이중작업으로 인한 비효율도 개선할 수 있다.



Fig. 12. Results of Noise level measurement

4.3 개선사항 도출

본 연구에서 개발한 장비는 시제품 수준이 아닌, 1차 프로토타입이다. 따라서 장비의 구성모듈 간에 튜닝이 완료된 것이 아니며, 장비 구동의 안정성도 높지 않다는 한계가 있다. 실제로 실험 과정에서 시동꺼짐 현상과 같은 이상현상이 발생하는 경우가 있었다. 특히 200~300mm 깊이로 절단을 시도하는 경우, 부하 증가로 인하여 시동꺼짐 현상은 더욱 빈번히 발생하였다. 이와 같은 이상상황이 발생한 경우에는 실험을 중단하였고, 장비수리, 재설정 등의 조치를 취한 후에 다시 실험을 재개하였다. 또한 <Fig. 13>과 같이, 슬러지회수 성능이 저하되는 구간이 발생하는 등 회수성능이 일정하지 않은 경우가 있었다. 그 원인으로는 ① 회수성능이 일정하지 않아 편차가 발생하는 경우, ② 노면이 평탄하지 않은 경우, ③ 추운 날씨로 인하여 배출라인 내의 물이 얼고 이로 인하여 배출라인이 막히는 경우, ④ 기타 등으로 추정하였다 (Kim et al., 2019).

이런 이유로, 절단성능, 슬러지 회수, 소음도 등을 정밀하게 측정하여 계량화하는 데에 다소 어려움이 있었다. 향후에 2차 프로토타입으로 개선하는 과정에서 회수성능이 균일하게 발휘되도록 튜닝하고, 노면 평탄성과 회수율의 관계를 고찰할 예정이다. 또한 물을 사용하기 적합한 기상조건 하에서 실험을 수행하여 실제 회수성능을 계량화할 계획이다.

5. 결론

최근에 우리나라의 도로 하부에 매설된 지하시설물이 노후화되면서, 지하매설물 유지보수 공사 물량이 급증하고 있다. 이러한 도로 지하 시설물의 유지관리를 위해서는 도로포



Fig. 13. Examples of equipment abnormalities

장의 절단작업이 선행되어야 한다. 그런데 우리나라에서 사용되는 기존 도로절단기는 친환경적이지 못하며 소음과 절단슬러지(비산먼지)가 많이 발생하는 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 절단슬러지 회수장치의 개념을 도출하고, 이 기능을 포함하는 친환경 도로절단기를 구체적으로 설계하였다. 그리고 도출된 상세설계를 바탕으로 친환경 포장절단기의 1차 프로토타입을 제작하여 테스트베드에 적용하였다.

적용 결과, 개발된 1차 프로토타입을 이용하여 100~150mm 깊이로 1m를 절단하는 데에 20~30초 가량이 소요되었다. 이는 기존의 대형 도로절단기와 유사한 절단성능인 것으로 평가되었다. 슬러지회수 성능은 다수의 반복 실험을 수행하며 육안검사 하였는데, 대부분의 구간에서 슬러지 흡입이 양호하게 진행되었다. 또한 진공탱크 내부의 슬러지망이 Ø4~7mm 입도의 자갈을 잘 분리시키고, 나머지 슬러지는 양호하게 슬러지 저장 탱크로 이송되었다. 그리고 소음도는 2m 이내 거리에서 약식 측정된 결과, 평균 82.7dB 수준으로 측정되었다. 따라서 절단성능, 슬러지 회수성능 및 소음도 저감 성능은 양호한 것으로 평가할 수 있다.

다만 개발된 장비가 1차 프로토타입 수준이라는 한계로 인하여 구동 안정성이 다소 낮았고, 시동 꺼짐 등의 이상 현상이 발생하는 경우가 있었다. 또한 회수성능 편차 등의 이유로 절단슬러지의 회수가 어려운 구간이 발견되었다. 본 연구에서는 장비 이상의 원인을 분석하였으며, 향후 개발된 프로토타입의 튜닝 및 개선을 통해 절단성능과 슬러지 회수 기능을 보다 안정시킬 예정이다. 그리고 개선된 프로토타입을 실제 현장 상황에 적용하여, 생산성 등을 정량적으로 비교·분석할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 R&D ‘도로 미세먼지 저감기술 개발 및 실증 연구(과제번호 22POQW-B152342-04)’ 결과의 일부임.

References

Jun, Y.H., Kim, K.T., Kim, K.H., and Ok, C.Y. (2019). “Status Survey on Road Pavement Cutting Standards for Maintenance of Aging Underground Facilities in Urban Areas.” Proceedings of KICEM Annual Conference 2019, KICEM, pp. 223-224.

Kim, K.H., Jun, Y.H., and Kim, K.T. (2020). “A Study on the Field Cutting Performance Analysis of Eco-friendly Road Cutter.” Korean Journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 21(4), pp. 12-20.

Kim, K.T., Jeon, E.B., and Jun, Y.H. (2020). “Derivation of Conceptual Design of Pavement Cutter for Eco-friendly Work.” Proceedings of KICEM Annual Conference 2020, KICEM, pp. 223-224.

Kim, K.T., Jeon, E.B., Jun, Y.H., and Baek, C.M. (2022). “Development of Low-noise and Dust-recovery Type Pavement Cutter.” Proceedings of SBE 2022, pp. 235-238.

Kim, K.T., and Jun, Y.H. (2018a). “Analysis of pavement cutting technology to develop eco-friendly pavement cutting machine.” Proceedings of KICEM Annual Conference 2018, KICEM, pp. 175-176.

Kim, K.T., and Jun, Y.H. (2018b). “Patent analysis of high-performance and eco-friendly pavement cutting technology for road excavation.” Proceedings of KICEM Annual Conference 2018, KICEM, pp. 177-178.

Kim, K.T., Kang, T.K., Ok, C.Y., Kim, K.H., Um, I.H., Kim, M.J., Jung, A.Y., Jun, Y.H., Kim, J.M., and Ahn, J.H. (2019). Development of high-performance, eco-friendly road pavement cutting technology for road excavation work in urban residential areas, KICT Research Report, 2019-12.

Shin, J.H. (2018). “As many as 203 signs of anomalies as a result of emergency inspection of heat transport pipes aged over 20 years”, Seoul Shinmun, <https://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20181213500084&wlog_tag3=daum> (Dec. 13, 2018).

요약 : 최근에 우리나라의 도로 하부에 매설된 지하시설물이 노후화되면서, 지하시설물 유지보수 공사 물량이 급증하고 있다. 이러한 도로지하 시설물의 유지관리를 위해서는 도로포장의 절단작업이 선행되어야 한다. 그런데 우리나라에서 사용되는 기존 도로절단기는 친환경적이지 못하며 소음과 절단슬러지(비산먼지)가 많이 발생하는 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 절단슬러지 회수장치의 개념을 도출하고, 이 기능을 포함하는 친환경 도로절단기를 설계·제작하였다. 개발된 장비는 1m를 100~150mm 깊이로 절단하는 데에 20~30초 가량 소요되었다. 또 대부분의 구간에서 슬러지 흡입 성능은 양호하였으며, 2m 거리에서 약식 측정된 장비의 소음도는 평균 82.7dB 수준이었다. 다만 개발된 장비가 1차 프로토타입 수준이라는 한계로 인하여 구동안정성이 다소 낮았고, 시동꺼짐, 슬러지 회수성능 저하 등의 이상현상이 발생하는 경우가 있었다. 향후 개발된 프로토타입의 튜닝 및 개선을 통해 절단성능과 슬러지 회수 기능을 보다 안정시킬 예정이다. 그리고 개선된 프로토타입을 실제 현장 상황에 적용하여, 생산성 등을 정량적으로 비교·분석할 계획이다.

키워드 : 친환경, 도로절단기, 저소음, 비산먼지 흡입, 슬러지 흡입, 건설자동화
