

친환경 도로절단기의 현장 절단성능 분석에 관한 연구

김경훈¹ · 전영훈² · 김균태^{3*}

¹한국건설기술연구원 건설정책연구소 수석연구원 · ²한국건설기술연구원 건설정책연구소 전임연구원 · ³한국건설기술연구원 건설정책연구소 연구위원

A Study on the Field Cutting Performance Analysis of Eco-friendly Road Cutter

Kim, Kyonghoon¹, Jun, Younghun², Kim, Kyoontai^{3*}

¹Senior Researcher, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Research Specialist, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

³Research Fellow, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Abstract : The demand for maintenance of underground facilities buried beneath the road continues to increase significantly, due to environmental problems caused by excessive noise and dust and complaints from urban residents, the demand for eco-friendly and low-noise road cutters is increasing. Therefore, we analyzed the cutting performance of low noise cutter and eco-friendly cutter and reviewed the improvement. Based on the field construction cases, problems and improvements were obtained according to the cutting machine working procedure. The productivity for cutting operations of eco-friendly cutters (36.0 seconds/m) was somewhat improved compared to the low noise cutters (37.6 seconds/m). However defects occurred in some sections and improvement was required.

Keywords : Eco-friendly, Road Cutter, Field Performance, Productivity Analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1960년대부터 공업화와 함께 수도권 및 대도시를 중심으로 도시화가 빠르게 이루어졌다. 그리고 이때에 많은 시설물을 구축한 우리나라는 최근 오래된 노후 시설물에 대한 유지관리가 주요 이슈로 부각되고 있다. 특히 최근에는 상하수도, 도시가스, 통신선로 등 지하에 매설된 시설물의 연한이 경과되면서 지하매설물 유지관리에 대한 수요가 크게 증가하고 있는데, 이로 인하여 지방자치단체의 노후 관거 정비공사에 따른 도로굴착 및 재시공 물량도 증가하고 있다. 일례로, 서울시내 하수관로는 총 1만 682km이며, 30년 이상 지난 노후 하수관로는 5,382km(50.3%)에 달하고 있다. 그리고 서울시는 총 308km의 불량 하수관로를 2020년까지를 정비할 계획으로, 2018년에 도로함몰, 침수피해 방지

를 위하여 하수관로 정비에 역대 최대인 3,674억원의 예산을 배정한 바 있다(Lee, 2018). 다른 예로, 환경부는 지방침하 등이 우려돼 긴급보수가 필요한 것으로 확인된 하수관로 1,507km의 교체·보수 완료율 2020년까지 완료할 예정이다(Sun, 2018).

이와 같이 도로 하부에 매설된 지하매설물에 대한 유지보수의 수요는 향후에도 지속적으로 크게 증가할 것으로 예상된다. 한편 지하매설물의 유지보수를 수행하기 위해 도로를 굴착하려면 콘크리트 또는 아스팔트 등의 도로포장을 절단기를 활용하여 절단하는 작업이 반드시 선행되어야한다. 그런데 기존의 일반적인 도로절단기의 경우, 소음 및 분진을 과도하게 발생시켜서 환경문제를 야기한다. 또한 이 환경문제에 대한 도심지 주민들의 민원으로 인해 공사가 중단되는 등 기존의 도로절단 작업에서는 많은 애로사항들이 발생되고 있다.

이에 따라 현재 국내에서 환경문제와 민원을 해결하기 위한 친환경·저소음 도로절단기가 개발되어 상용화단계에 있다. 본 연구에서는 개발된 친환경·저소음 도로절단기의 절단성능을 분석하고 개선사항에 대해 검토해보고자 한다. 이를 위해 기존에 국내에서 사용되고 있었던 저소음 절단기와 최근 개발된 친환경·저소음 절단기가 시공된 사례를 비

* **Corresponding author:** Kim, Kyoontai, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyangdae-Ro 283, Korea.

E-mail: ktkim@kict.re.kr

Received December 26, 2019 : **revised** April 22, 2020

accepted May 5, 2020

교 분석하여 작업 순서, 단계별 작업 활동, 작업진행에 따른 문제점 등을 도출하고, 절단기의 세부적인 절단성능을 분석하고자 한다. 이를 통해 국내 도로포장 유지관리 환경에 최적화된 장비를 개발하기 위한 발판을 마련하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 도로절단기 관련 기존문헌

Lee et al. (2008)은 산업현장에서 사용하는 도로포장 절단기로 인한 주택가 등지에서의 매연 및 소음 등의 민원 문제점을 해결하기 위해서는 환경 친화적인 장비가 필요함을 인지하였다. 그리고 이에 대한 대안으로, 기존의 가솔린엔진 대신에 산업용으로 개조된 2000cc급 LPG 엔진을 적용하였다. 왜냐하면 통상적으로 LPG엔진이 가솔린엔진보다 소음과 매연문제를 덜 유발하기 때문이다. 그리고 LPG 엔진을 장착한 도로절단기가 동작중에 시동꺼짐 등의 문제를 일으키지 않도록 하기 위하여, 절단날 회전수(RPM), 토크, 이송속도 등의 연관관계를 정량적으로 분석하였다. 분석 결과, LPG엔진을 장착한 절단기에 18인치 절단날을 장착한 경우, 절단날 회전수 1,000~1,100rpm을 사용하여 절단하는 것이 효과적이라는 결론을 도출하였다. 그러나 이 연구에서는 민원 발생요인을 엔진소음에만 초점을 맞추고 있으며, 절단날이 도로포장재를 절단할 때 나오는 소음과, 절단하면서 나오는 분진 및 슬러지, 오염수 등으로 인한 민원에 대해서는 고려하지 못하고 있다. 또한 현장의 여건을 고려한 절단기의 절단 성능에 대한 연구라기보다는 효과적인 작업을 위한 LPG엔진의 rpm 구간을 도출하기 위한 연구라고 볼 수 있다.

Park et al. (2014)의 연구에서는 물탱크에 저장된 물을 절단부위에 뿌리며 절단하는 습식 도로 절단기는 분진발생을 줄일 수 있으나, 물에 흡수된 분진 찌꺼기가 하수구로 흘러들어 심각한 토양오염을 유발한다는 문제점들을 제기하였다. 그리고 분진이 외부로 유출되는 것을 최소화하기 위해서

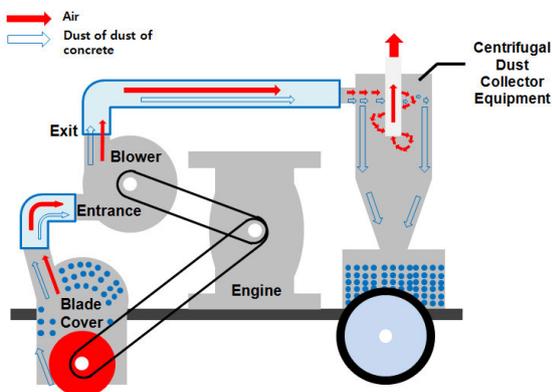


Fig. 1. A Road Cutter with Dry Type (Park, 2014)

집진밀폐장치를 장착한 건식 도로절단기를 개발하는 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 건식 도로절단기의 성능을 평가하였는데, 1분 동안 도로를 절단한 후 절단된 거리와 집진된 콘크리트 분진의 무게와 깊이를 측정하였으며, 1분당 절단거리는 14인치와 16인치 건식날 모두 평균 1.4m로 나타났다(Fig. 1).

이 연구는 현재 주로 사용되는 습식 도로절단기의 민원 및 환경문제를 해결하고자 건식 도로 절단기의 집진밀폐장치를 개발하고 이 장비의 성능을 평가하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 습식 도로절단시의 슬러지 및 오염수 발생으로 인한 문제에만 초점을 맞춰, 건식 도로절단기의 절단소음으로 인한 문제는 고려하지 못하고 있다. 그리고 개발된 장비의 성능을 절단능력에 국한하였는데, 1분당 절단거리 평균으로만 평가하였다. 실제로는 작업현장의 여건, 작업특성, 작업자 능력, 장비의 구성성 등 다양한 요인이 절단성능에 영향을 미치므로, 이를 고려한 장비의 사용성 평가를 수행할 필요가 있다.

Kim et al. (2019)의 연구에서는 습식방식의 친환경 도로포장 절단기 개발을 목표로 설정하고, 국내실정에 맞는 수냉-슬러지 회수 통합시스템 개념을 도출하였다. 이 연구는 소음, 분진, 슬러지 등으로 인한 환경문제를 해결하고자 시도하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 개념 도출단계에 머물고 있으며, 실물모형 제작을 통해 보완될 예정임을 밝히고 있다(Fig. 2).

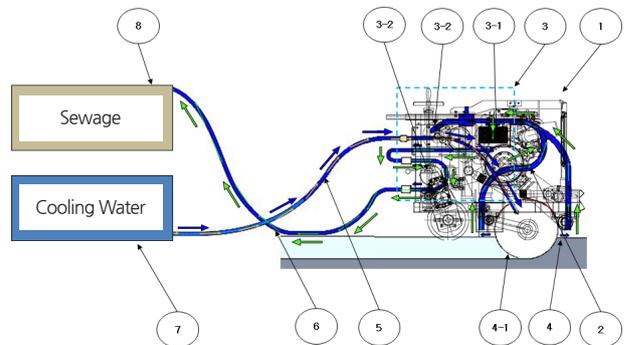


Fig. 2. Concept of Water Recovery System (Kim, 2019)

2.2 국내 도로절단기 현황

국내에서 주로 사용되는 도로절단기는 소형 엔진을 사용하며, 최대 24인치의 절단날을 장착할 수 있는 건식 도로절단기로(Fig. 3), 일반적으로 약 150mm 깊이까지 절단한다. 그러나 국내 도심지의 도로포장 두께는, 덧씌우기 등 유지보수로 인하여, 약 300mm에 이르기도 한다. 이때에는 기존 도로절단기로 150mm까지 절단한 후, 나머지 미절단된 부위를 브레이커로 파쇄하는 것이 통상적인 방법이다. 그러나 이와 같은 브레이커 파쇄 작업이 추가됨에 따라, 이중 작업으

로 인해 생산성이 저하되며, 공사비가 상승하고, 파쇄 작업에 따른 소음, 진동, 분진 등의 환경문제 유발되고 있다. 또한 도심지에서는 주민들의 민원제기 가능성에 대비하여, 살수차를 이용해 물청소하여 슬러그 등 오염물질을 처리하고 있다. 그러나 소음, 오염수의 하천 및 토양오염 등의 문제는 해결되지 못하고 있다.



Fig. 3. Conventional Dry Road Cutter (Ex. Daekwang Co.)

최근에 도심지의 대기환경, 소음·진동, 비산먼지 등에 관한 정부기준이 강화되는 추세이다. 따라서 현재 주로 사용되는 건식 도로절단기에 대한 개선이 시급한 상황이다. 일례로 Ministry of Environment (2019)에 따르면, 2020년 10월 1일부터 바뀌형 콘크리트 절단기의 소음이 109dB이 넘지 않도록 관리기준이 개정되었다. 현업에서도 이런 문제점들을 인식하고 이에 대한 연구와 시제품 개발이 국내에서 진행된 경우가 있었다. 그러나 개발된 장치가 현장에 많이 보급되지는 못하여, 냉각수 자동분사장치 및 방음커버를 장착한 습식 방식의 저소음 절단기(이하 저소음 절단기라 함)가 서울지역의 일부 도로포장 절단현장에서 사용되는 수준이다.

3. 사례분석

3.1 저소음 절단기 작업순서

저소음 절단기의 현장조사는 2019년 10월 14일, 10월 15일, 11월 6일 3번에 걸쳐 진행하였다. 조사대상은, 서울시 양천구 00인근 골목에서 노후화된 상수도관 교체에 위한 도로절단 작업이다(Fig. 4).

조사대상 현장들에서 도로포장 절단 작업에 투입되는 작업조는 통상 2~3인으로 구성되는데, 우선 도로 절단 장비를 가동하는 운전원 1인이 있다. 그리고 원활한 작업을 위해 주변의 장애물을 치우고, 도로 절단장비와 수조에 연결된 호수의 위치 이동, 수조를 적재한 트럭 이동, 도로에 무단주차된 차량의 차주와 연락하여 작업공간 확보, 절단 거리 측정 등



Fig. 4. Conventional Low Noise Road Cutter

의 업무를 수행하는 보조원이 1~2인이다. 또 작업조와는 별도로, 작업 도로로 진입하는 차량을 통제하는 신호수 1인, 작업 후 잔해슬러지 등 오염된 도로를 살수차를 이용하여 물청소하는 청소원 1인이 투입되기도 한다.

도로절단을 위하여, 사전에 절단 대상 도로에 절단 라인을 마킹한다(Fig. 5). 이 때, 무단 주차된 차량과 절단라인에 간섭이 있으면, 해당 차량의 차주에게 연락하여 이동을 권고하게 된다. 그리고 이러한 연락과 차량이동 대기에 많은 시간이 소요되기도 한다. 또 차주와 연락이 잘 되지 않는 무단주차 차량 및 도로상에 운행하는 차량으로 인하여, 계획했던 절단진행에 방해받게 되면, 처음 계획했던 작업의 순서가 바뀌거나 작업대기 시간이 길어지게 된다.



Fig. 5. Marking about Cutting Road

통상적으로 저소음 도로절단기는 트럭으로 운반하게 된다. 이 트럭에는 도로절단기와 냉각수 보관용 수조가 적재된다. 이들을 적재한 트럭으로부터 도로절단기를 하차하기 위하여, 트럭에 장착된 리프트를 이용하게 된다(Fig. 6). 다시 말하면, 저소음 도로절단기와 수조의 운반에는 리프트가 장착된 트럭이 사용되는 경우가 대부분이다.



Fig. 6. Unloading Low Noise Road Cutter

도로절단기를 하차한 후에는, 하차된 장비에 절단날을 장착하고(Fig. 7), 장비를 점검하게 된다. 이와 같은 하차, 절단날 장착 및 장비점검 작업에 평균적으로 약 5분이 소요되는 것으로 조사되었다.



Fig. 7. Cutting blade assembly

운전원이 도로절단기를 하차하여 장비 점검과 절단날 장착 작업을 수행하는 동안, 보조원들은 절단거리, 위치, 상태 등을 확인하게 된다. 절단 거리가 어느 정도 되는지를 사전에 측정하기 위하여 거리측정기(Walking Meter)가 사용된



Fig. 8. Measure distance on cutting road

다(Fig. 8). 그리고 거리측정과 동시에, 절단 위치 및 상태 확인이 이루어진다. 절단위치의 마킹이 제대로 되어 있지 않은 부분이 발견되면, 추가 마킹을 표시하는 등의 체크와 보완 작업도 진행된다.

준비 작업이 완료되면, 본격적인 도로면 절단작업이 진행된다(Fig. 9). 절단라인이 골목의 길이방향으로 길게 이어지는지, 골목의 길이방향과 수직 방향으로 2m 간격의 짧은 절단을 해야 하는지, 그레이팅 배수구를 둘러싼 위치에서 방향을 바꿔가며 짧은 절단을 반복적으로 수행해야 하는지 등의 현장조건에 따라 도로절단기의 이동과 절단 길이가 상이하다. 그리고 이로 인해 단위시간당 작업 거리에 많은 차이를 보였다.



Fig. 9. Road cutting with low noise road cutter

도로 절단작업 시간이 길어지게 되면, 도로절단기의 엔진 과열 및 과부하, 연결 기계장치 결함 등으로 도로절단기 기계가 정지하는 경우도 발생되었다. 저소음 절단기의 경우, 방음커버가 있어, 건식 도로절단기에 비해서는 작은 소음을 유발한다. 그러나 냉각수로 인해 절단슬러지와 오염수가 발생되어, 도로주변을 오염시켰다. 이 오염수는 도로, 주변차량, 시설물 등을 오염시킬 수 있고, 이로 인해 민원이 발생할 가능성이 매우 높다. 따라서 조사대상 현장에서는 절단작업 후에 살수차와 청소원이 도로를 청소하였다(Fig. 10~11).



Fig. 10. Water cleaning vehicle



Fig. 11. Water cleaning on site

현장의 절단작업이 완료되면, 도로절단기 하차의 역순으로 장비를 적재하고 다음 작업장소로 이동하였다(Fig. 12).



Fig. 12. Loading low noise road cutter

3.2 친환경 · 저소음 절단기 작업순서

개발된 친환경 · 저소음 절단기(이하 1차 프로토타입이라 함)의 현장조사는 2019년 5월 15일, 7월 1일 2회에 걸쳐 진행하였다. 조사대상은 서울시 광진구 00인근 골목에서 노후화된 상수도관을 교체하기 위한 도로절단 작업이다(Fig. 13).



Fig. 13. Eco-friendly road cutter

기존의 건식 도로절단기가 깊이 약 150mm까지 절단 가능한데 반해, 1차 프로토타입으로 개발된 친환경 · 저소음 절단기는 최대 300mm 깊이까지 절단가능하다. 또한 1차 프로토타입은 석션 작용을 통해 절단슬러지 등 오염물질을 흡수한다. 따라서 발생된 절단슬러지가 작업현장에 남게 되는 저소음 절단기와는 달리, 1차 프로토타입의 작업현장은 잔존하는 오염물질이 미미하였다. 따라서 살수차 및 물청소를 담당하는 작업자가 불필요 하였다(Fig. 14).



Fig. 14. Road cutting with eco-friendly road cutter

1차 프로토타입의 작업순서는, 물청소 작업이 불필요하다는 점을 제외하면, 앞서 살펴본 저소음 도로절단기와 동일하다. 다만 1차 프로토타입의 작업 도중에 물 분사, 석션 등 물순환 기계장치에 다량의 슬러지가 막혀 제대로 작동되지 못하는 문제가 발견되기도 하였다(Fig. 15).



Fig. 15. Water spray inspection of eco-friendly road cutter

그리고 고성능 엔진, 방음커버, 물순환 모듈 등 기존 장비에 일부 장치들이 추가되거나 보완되어, 장비가 무거워졌다. 이로 인하여 이동 및 회전이 다소 어려워졌다(Fig. 16).

또한 장비를 트럭에 상·하차시 트럭의 리프트에 부하가 걸려 별도의 사다리를 이용하여 이동 및 운반해야 하는 어려움이 있었다(Fig. 17). 따라서 향후 장비의 경량화를 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다.



Fig. 16. Rotation of eco-friendly road cutter



Fig. 17. Loading eco-friendly road cutter

3.3 기존장비와 개발장비의 비교

기존의 저소음 절단기와 1차 프로토타입의 작업순서는 모두 동일하게 먹매김작업, 장애물 정리, 절단기 하차, 절단날 조립, 작업위치로 이동, 도로절단, 점검·교체, 현장정리, 절단기 상차 등의 순서로 진행되었다. 그러나 저소음 절단기는 작업인원 외에 별도의 물청소를 위한 살수차 및 물청소 인원이 추가로 필요로 하는 단점이 나타난 반면에, 1차 프로토타입에서는 별도의 살수차 및 물청소 인원이 필요하지 않았다.



Fig. 18. Comparison of the amount of cutting slugs generated by the two cutters

또한 (Fig. 18)과 같이, 기존 저소음 절단기는 발생된 절단 슬러지를 도로상에 방치하는 반면에, 1차 프로토타입은 절단 슬러지의 대부분을 회수하였다. 그러므로 1차 프로토타입을 사용할 경우, 도로현장의 오염이 기존 대비 미미할 것으로 기대된다.



Fig. 19. Noise measurement scene caused by developed cutter

또 주변에 반사체가 없는 개활지에서 1차 프로토타입으로 도로를 절단하면서 10m이격지에서 소음을 측정된 결과, (Fig. 19)와 같이, 85dB를 초과하지 않았다. 따라서 1차 프로토타입은 슬러그회수, 저소음 등 친환경 기능을 구현하였다고 평가할 수 있다.

하지만 1차 프로토타입의 경우, 추가된 물순환 모듈에서 고장이 발생하는 경우가 발견되었다. 또한 방음커버 및 추가 모듈의 중량이 무거워서, 장비의 회전과 상·하차시에 어려움이 따르는 것으로 나타났다. 이러한 부분들은 향후 연구에서의 개선점인 것으로 판단된다.

4. 작업생산성 분석

4.1 전체 작업생산성 분석

4.1.1 저소음 절단기

저소음 절단기 사례 1에서는 왼쪽 맨홀 위치에서 오른쪽으로 18.2m 작업을 진행하다가, 무단주차 차량으로 인해 장비를 계속 가동하지 못하고 장비의 방향을 전환하고(1분가량 소요), 오른쪽에서 왼쪽으로 7.2m 작업을 진행하였다. 그리고 작업을 진행하던 중 그레이팅 배수구 쪽으로 방향을 돌려 1.8m 가량 절단하였으며, 일부구간에서는 2m 간격으로 4.3m 가량 절단이 수행되었다. 전체 145.7m 도로 절단 작업을 수행하는데, 도로절단기를 하차한 후 청소/정리, 대기, 이동 등을 포함하여 모든 작업을 수행하는데 총 소요시간은

121분이며, 평균 절단 작업생산성은 0.83분/m로 산정되었다.

사례 2에서는 오른쪽 맨홀에서 시작하여 왼쪽으로 41m까지 작업이 중단 없이 연속적으로 진행되었다. 두 번째 작업에서는 오른쪽으로 23.3m까지 진행하다가, 작업자 교체로 잠시 중단되었다가, 다시 작업이 진행되었다. 이 사례에서는 살수차 지연, 작업 중 주유, 절단날 교체 등으로 일부 구간에서 작업이 지연되었다. 전체 245.6m 도로 절단 작업을 수행하는데, 소요된 총시간은 244분이었으며, 평균 절단 작업생산성은 0.99분/m로 산정되었다.

사례 3에서는 차량통행으로 인한 도로절단작업 중단이 4회 이상 발생되었다. 그러나 이때에 도로절단기의 작업위치와 방향을 이동하여, 실제 대기시간은 1~2분 가량 짧게 소요되고, 생산성에 큰 영향을 미치지 않았다. 전체 165.4m의 도로 절단 작업을 수행하는데 소요된 총시간은 126분이며, 평균 작업생산성은 0.76분/m로 산정되었다(Fig. 20).

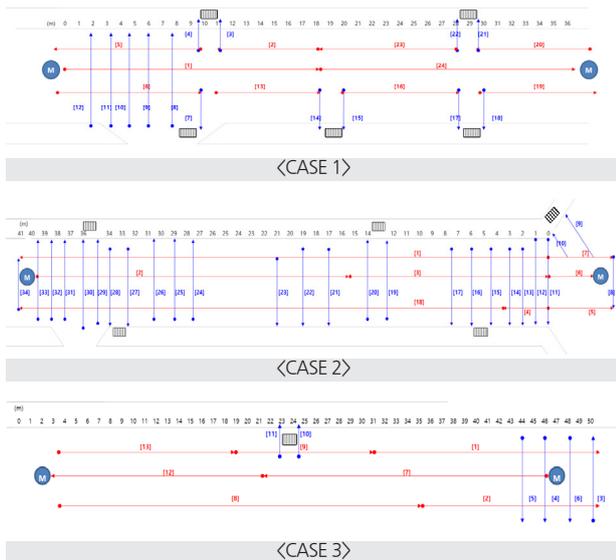


Fig. 20. Overall productivity analysis of low noise cutter

4.1.2 친환경 · 저소음 절단기

사례 4에서는 1차 프로토타입으로 개발된 장비의 한계로, 일부 불안정한 면을 보였다. 엔진의 시동꺼짐이 10회 가량 발생되어 약 10분의 수리작업시간이 소요되었으며, 절단날 교체를 위해 3분 정도의 시간이 소요되었다. 잦은 기계 멈춤에 대한 세부원인 분석과, 엔진과 기계장치에 대한 안정화가 필요한 것으로 나타났다. 전체 81m 도로 절단 작업을 수행하는데 소요된 총시간은 99분이며, 평균 작업생산성은 1.22분/m로 나타나 대상사례 중 가장 낮은 생산성을 보였다(Fig. 21).

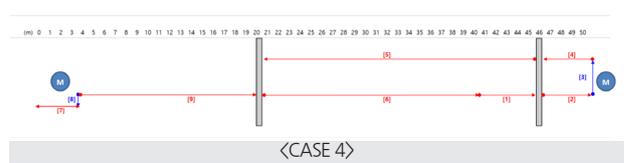


Fig. 21. Overall productivity analysis of eco-friendly cutter

사례 5에서는 총 4군데의 작업현장을 이동하며 작업을 진행하였으며, 각 현장에서는 직선으로만 62m, 68m, 71m, 83m 길이의 절단 작업을 수행하였다. 모든 현장에서, 진행방향으로 길게 작업을 진행하고, 작업이 완료되면 역방향으로 길게 작업을 진행하였다. 차량의 이동이 잦은 지역이 아니어서 외부적 요인에 따른 대기시간이 많이 소요되지 않았다. 그러나 프로토타입으로 개발된 장비이므로 다소 불안정한 모습을 보였다. 예를 들어, 노즐의 물분사량이 적어져서 작업속도가 저하되거나 장비가 중지되는 현상이 발생되었으며, 석션 모듈에 다량의 슬러지가 막혀 석션 모듈이 제대로 작동되지 못하기도 하였다. 전체 284m의 도로 절단 작업을 수행하는데 소요된 총시간은 208분이며, 평균 작업생산성은 0.73분/m로 나타났다.

4.2 절단 작업에 대한 작업생산성 분석

본 연구에서는 저소음 절단기와 1차 프로토타입의 사례조사를 통해 수집된 데이터를 바탕으로, 절단작업에 대한 생산성을 비교분석하였다. 조사 사례 중, 절단 깊이 20cm로 동일한 절단날을 사용한 사례만을 대상으로 분석하여, 두 장비의 조건을 최대한 통일하였다. 그리고 10m 미만의 짧은 절단거리의 경우 작업자의 장비이동 능력에 따라 작업속도가 결정되며, 불안정한 장비 가동으로 인한 변이가 많이 나타났다. 따라서 절단거리가 짧은 구간은 분석대상에서 제거하였다. 다시 말하면, 불안정한 외부요인을 제외하고 10m 이상의 안정적인 절단 작업이 수행된 구간에 대해서만 작업생산성을 분석하였다.

저소음 절단기의 경우 19건의 데이터가 활용되었으며, 1차 프로토타입의 경우 9건의 데이터가 활용되었다. 절단 길이는, 기존 장비의 경우 최대 41m, 평균 19m로 나타났으며, 1차 프로토타입 개발 장비의 경우 최대42m, 평균 33m로 나타났다.

본 연구에서는 두 장비에 대한 절단작업의 작업생산성(초/m)을 분석하였다. 그 결과, 저소음 절단기는 데이터의 이상치를 제외하고 m당 27.2~46.2초의 작업시간이 소요되는 것으로 나타났으며, 평균 작업생산성은 37.6초/m로 분석되었다(Table 1)(Fig. 22).

이에 반해 1차 프로토타입의 경우, 데이터의 이상치를 제외하고 m당 27.1~35.9초의 작업시간이 나타났으며, 평균 작

Table 1. Productivity Comparison Statistical Analysis

Division	Existing Eq.	Development Eq.
Average	37.6	36.0
Median	36.5	28.5
Sum	714.9	359.9
Count	19.0	10.0
Standard Deviation	13.7	19.9
Standard Error of the Mean	3.1	6.3
Mode	36.0	34.0
Dispersion	186.4	396.2
Quartile Range	19.0	8.8
Range	56.0	67.3

업생산성은 36.0초/m로 분석되어 기존장비에 비해 다소 빠르게 작업되는 것으로 나타났다(Table 1)(Fig. 23). 그러나 1차 프로토타입의 사례 중에는 88.9초/m의 극단이상점이 있었다. 이 사례의 절단작업을 살펴보면 폴리머 콘크리트 포장의 열팽창에 의한 과부하, 엔진 과열 등으로 인해 시동거짐이 6회 발생하였고, 이로 인해 5.5분이 소요되었다. 또한 장비점검으로 인해 1분을 소요하는 등 생산성이 저하요인이 과다하였다. 이와 같은 문제가 포함된 소요시간은 생산성 저해요인으로 크게 작용하게 된다.

5. 결론

국내 도심지 지하매설물 유지관리공사에서 환경 및 민원 등의 문제로 친환경·저소음 절단기에 대한 수요가 점차적으로 증대되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 현재 도심지 도로 절단 현장에서 실제 사용되고 있는 저소음 절단기와 친환경·저소음 절단기에 대한 현장 시공사례를 바탕으로 절단 성능을 검토하였다.

저소음 절단기의 경우 엔진 과부하 및 과열, 슬러지 오염, 소음 등의 문제점이 있다. 반면에 친환경·저소음 절단기의 경우 슬러지 오염, 소음 등의 문제점이 많이 개선되는 것으로 나타났다. 다만 석션 모듈 등이 안정되지 않아서 제대로 작동되지 못하는 상황이 발견되기도 하였다.

현장에서 안정적으로 절단 작업이 진행된 구간에 대한 절단 작업생산성을 분석해본 결과, 동일한 깊이(20cm)일 때, 저소음 절단기는 37.6초/m, 친환경·저소음 절단기는 36.0초/m인 것으로 나타났다. 작업생산성 측면에서 보면, 친환경·저소음 절단기가 다소 높으나, 큰 차이는 없는 것으로 평가할 수 있다. 다만, 기존 장비의 경우에는 도로를 절단한 후에, 분진 등으로 인한 민원발생 가능성을 낮추기 위하여 별도의 물청소 작업이 진행되었다. 그리고 이로 인하여 작업의 연속성을 유지하기 어려웠다. 그러나 1차 프로토타입으로 개발된 친환경·저소음 절단기는 물청소작업이 불필요하였다. 따라서 전체적으로는 1차 프로토타입은 기존 장비에 비해 생산성이 향상된 결과를 기대할 수 있다. 향후 연구에서는 국내의 도로포장 유지관리 환경에 최적화된 장비 개발을 위하여, 추가되거나 보완된 모듈들의 경량화, 물 분사 모듈과 흡입모듈의 기계적 결합 개선, 절단모듈의 출력향상, 전체 시스템의 튜닝을 통한 안정화 등이 추진될 필요가 있다.

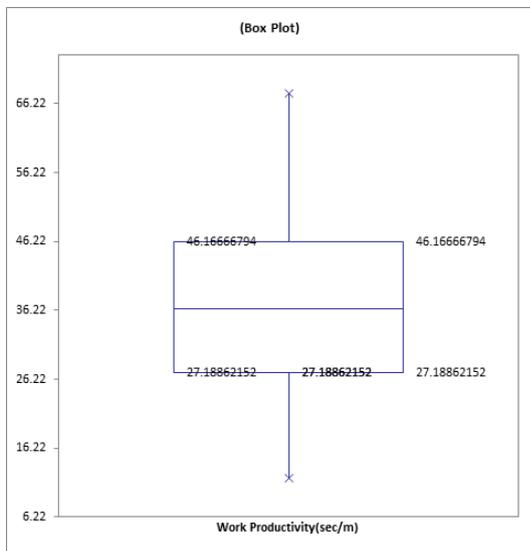


Fig. 22. Box Plot of Existing Equipment

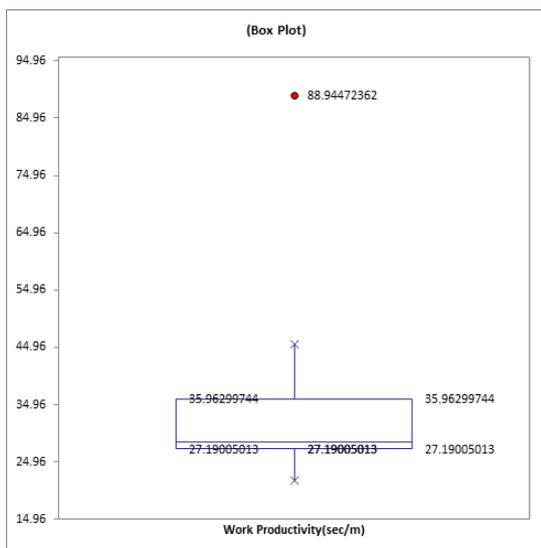


Fig. 23. Box Plot of Development Equipment

감사의 글

본 논문은 한국건설기술연구원 주요사업의 연구비지원 (과제번호: 20190093-001)에 의해 수행되었습니다.

References

- Lee, T.S. (2018). "Seoul city invests 370 billion to build old sewage pipe this year." *Yunhap News*, <<https://www.yna.co.kr/view/AKR20180321168800004>> (March. 22, 2018).
- Sun, B.K. (2018). "Ministry of environment replaces old sewer pipe." *National Land Daily*, <<http://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=102829>> (Dec. 12, 2018).
- Lee, M.G., Cho, K.Z., Lee, K.W., and Lee, M.G. (2008). "Cutting characteristics of road cutter." *Proceedings of the 2008 Korean Society for Precision Engineering Conference*, Korea, pp. 469-470.
- Park, Y.U., Joo, J.W., and Lee, G.B. (2014). "Development of eco-friendly a road cutter." *Journal of the Institute of Construction Technology*, CBNU, 22(2), pp. 97-103.
- Kim, K.T., Jun, Y.H., Kim, K.H., and Ok, C.Y. (2019). "Concept development of eco-friendly pavement cutting machine through overseas technology analysis." *Proceedings of the 2019 Korea Institute of Building Construction Conference*, 19(1), Korea, pp. 242-243.
- Ministry of Environment (2019). ENFORCEMENT REGULATION of Noise and Vibration Control Act.

요약 : 도로 하부에 매설된 지하매설물에 대한 유지보수의 수요는 지속적으로 크게 증가하고 있으며, 과도한 소음 및 분진으로 인한 환경 문제 및 도심지 주민들의 민원으로 인해 친환경·저소음 도로 절단기에 대한 수요가 점차 증대되고 있다. 이에 따라 현재 사용되고 있는 저소음 절단기와 현재 개발되고 있는 친환경·저소음 절단기에 대한 절단 성능을 분석하고 개선사항을 검토해보자고 한다. 이를 위해 현장시공 사례를 바탕으로 절단기 작업절차에 따른 문제점과 개선 사항들을 도출하였다. 현장시공 사례 분석 결과, 절단 작업에 대한 생산성은 친환경·저소음 절단기(36.0초/m)가 저소음 절단기(37.6초/m)에 비해 다소 생산성이 향상되었으나 일부 구간에 결함이 발생되어 이에 대한 개선이 요구되었다.

키워드 : 친환경, 도로절단기, 현장 성능, 생산성 분석
