

포장도로 절단기의 소요동력 연구

A Study on Required Power of the Paved Road Cutter

*최성원¹, #조규종², 정용호³

*S. W. Choi¹, #K. Z. Cho(kzcho@chonnam.ac.kr)², Y. H. Jeong³

¹ 전남대학교 기계공학과, ² 전남대학교 기계시스템공학부, ³ 전남대학교 기계공학과

Key words : Road cutter, circular saw

1. 서론

일반적으로 산업기계를 설계함에 있어서 가장 문제가 되는 것이 소요 동력을 예측하는 것이라고 볼 수 있다. 그런데 대부분 산업기계는 작업 대상들에 대한 정보가 분석되지 않는 상태여서 소요 동력이나 소요하중을 예측하기가 쉽지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 포장도로 절단기의 소요 동력을 예측해 보기 위해 아스팔트 절삭 깊이에 따른 절삭저항을 계측하여 소요 동력을 판단해보고 이를 토대로 구동부의 소요 동력을 결정하는데 활용할 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다.

2. 실험 장치 및 방법

기존의 엔진구동형 포장도로 커터기를 이용하여 절삭저항을 측정해 보기 위해 그림 1에 보인 것처럼 커터의 전동축 중간에 토크트랜스듀서를 삽입하여 그림 2의 구조도와 같이 커터에 작용하는 토크를 측정할 수 있는 장치를 제작하였다.



Fig. 1 Photograph of torque transducer equipped cutting M/C

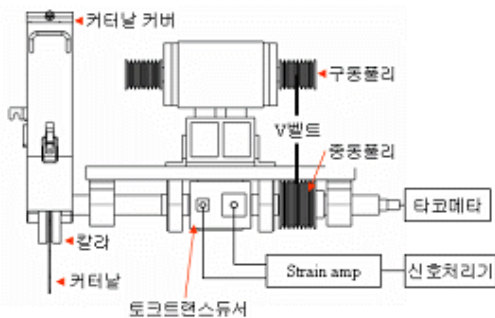


Fig. 2 Schematic diagram of torque measuring system

구동부의 회전속도는 컴퓨터에 의해 제어되고, 구동부의 회전속도가 설정되면, 표 1에 보인바와 같이 이송속도가 차동감속기에 의해 깊이 설정되는 형식의 커터기를 사용하였다. 커터의 회전속도나 절삭 깊이가 변했을 때의 토크 값이 컴퓨터로 입력되어 저장되도록 하였고, 커터의 회전수 변화에 따른 절삭저항의 변화를 관측해 보기 위해 700rpm에서부터 1200rpm까지 변화를 주기로 하였다. 절삭 깊이는 50mm, 100mm, 140mm의 세 종류 깊이에 대해 실험을 수행토록 하였다. 실제 실험은 포장도로 보수 공사장에서 수행하여 현장상황을 현실적으로 재현한 결과라고 볼 수 있다.

Table 1 Cutter RPM and feeding speed

커터날 회전수(RPM)	이송속도(m/min)
700	0.86
800	1.03
900	1.08
1000	1.15
1100	1.45
1200	1.50

3. 실험 결과 및 고찰

일반적으로 아스팔트 포장도로는 쇄석과 피치가 혼합되어 응결된 구조라고 볼 수 있다. 그런데 쇄석의 강도나 입자의 크기에 따라 아스팔트 강도가 변할 것으로 보이나 이를 낱알이 구별하여 검토한다는 것은 별도의 학술적인 연구라고 판단되므로 본 연구에서는 주어진 현장의 아스팔트를 대상으로 실험결과를 도출하고 이를 분석 평가하는데 주안점을 두었다.

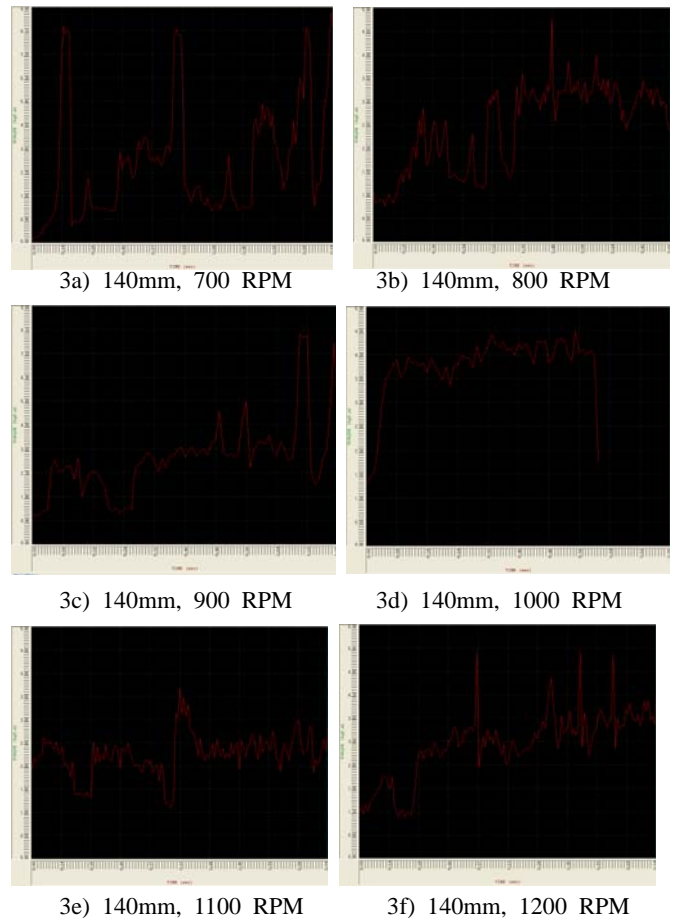


Fig. 3 Comparison of the torque at 140mm depth with different RPM

그림 3은 절삭 깊이를 140mm로 일정하게 유지하고 커터날의 회전수를 700rpm에서부터 1200rpm까지 100rpm씩 증가시키면서 절삭한 경우에 측정된 토크 선도들을 보인 것이다. 그림 3a에

보인 700rpm의 경우 절삭개시 1분 30초 이후 140mm 깊이로 절단이 시작되는 구간의 평균 토크 값은 약 2.9kgf·m로 볼 수 있다.

또한, 그림 3b 및 3c에 보인 800rpm 및 900rpm의 경우는 불안정한 비정상 peak들이 나타나는 것을 볼 수 있는데 이는 커터날의 자유진동수 (71Hz≃4000rpm, 그림 4a 참조)의 정수배에 해당하는 회전수여서 간헐적인 공명이 발생하여 불안정한 측정치가 발생되는 것으로 판단된다.

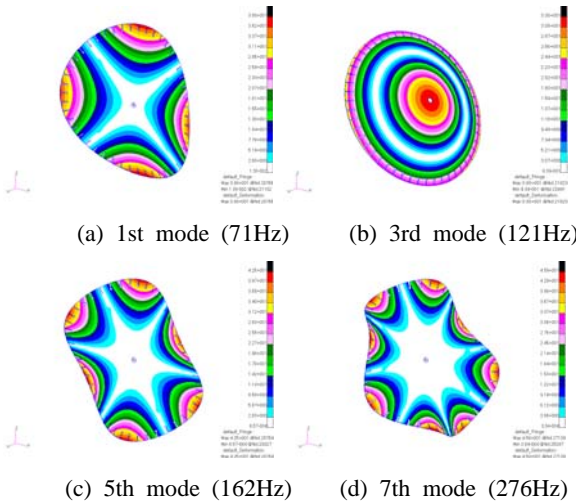


Fig. 4 Natural frequency of a circular saw

한편 그림 3-d, 3-e, 3-f의 경우는 1000rpm, 1100rpm, 1200rpm의 경우로 비교적 순탄한 곡선을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 각각의 깊이 및 rpm에 대한 평균 토크 값을 정리해 본 결과 표2와 같았다.

Table 2 Average torque by RPM & Depth

Depth	RPM						
	700	800	900	1000	1100	1200	
50 mm	2.5	2.7	3.0	3.0	1.9	2.0	
100 mm	2.8	2.8	3.4	3.6	2.8	3.0	
140 mm	2.9	2.9	3.5	4.2	3.3	3.4	

이 결과를 알아보기 쉽게 회전수에 따른 절삭 저항의 크기로 도식화 해보면 그림 5와 같은 결과를 볼 수 있다. 이 결과에 의하면 각각의 절삭 깊이에서 회전수가 1000rpm 일 때 가장 큰 토크값을 보이고 있으며, 회전수가 1100rpm일 때 가장 낮은 절삭 저항을 보이고 있음을 알 수 있었다. 커터의 회전수보다는 커터의 원주속도로 표시하는 것이 상대비교가 용이하므로 팔호속에 원주속도(m/sec)를 명기하였다. 그림 6은 각각의 회전속도에서 단위길이당 절삭저항을 검토해보기 위해 이송속도로 나눈 결과를 보인 것으로 아스팔트를 절단할 때는 1100rpm이상의 회전수로 절단하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

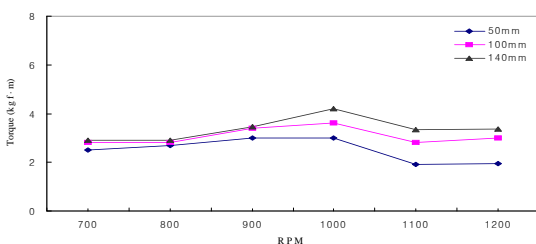


Fig. 5 Average torque by RPM

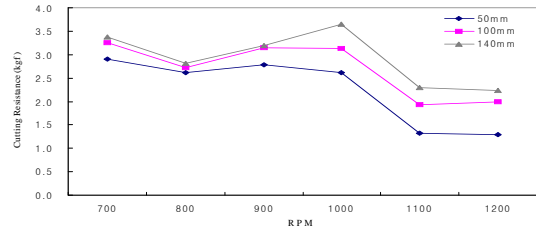


Fig. 6 Cutting Resistance by RPM

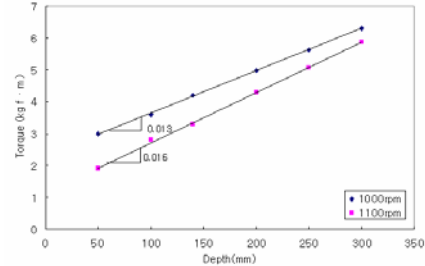


Fig. 7 Cutting resistance between 1000 and 1100 RPM

한편 절삭 깊이에 따른 절삭저항의 변화를 검토해보기 위해 가장 큰 저항이 발생하는 1000rpm에서와 가장 낮은 저항이 발생하는 1100rpm의 경우에 대해 절삭저항의 변화를 구해보면 그림 7과 같다. 이 결과에서 보면 가장 큰 절삭저항이 나타나는 1000rpm의 경우 그림 7에서 보는 바와 같이 절삭 깊이에 따른 절삭저항의 기울기가 0.013kgf · m/mm 정도로 선형비례 하는 것을 볼 수 있으며 1100rpm의 경우는 기울기가 0.016kgf · m/mm로 약간 큰 것으로 나타났다. 선형 비례 한다는 가정 하에 300mm 깊이까지 절삭할 수 있는 커터기를 제작하고자 한다면 1000rpm시 토크값이 6.3kgf · m 가 요구될 것으로 예측되므로 이때 소요되는 동력을 계산해보면

$$P = T\omega = 6.3kg_f \cdot m \times \frac{2\pi \times 1000rpm}{60} = 6594 W = 6.6kW$$

4. 결론

1. 아스팔트 포장도로의 절삭저항은 커터날의 회전수(또는 원주속도)에 선형적으로 비례하는 관계가 아니고 임의한계 속도(약 1100rpm, 52.6m/sec) 이상에서 가장 낮은 절삭저항을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.
2. 최대절삭저항이 나타나는 1100rpm에서의 절삭 소요 동력을 구해보면 개략적으로 6.6kW 정도 소요됨을 알 수 있으므로 이로부터 소요엔진동력을 유추하는 것이 타당한 방법일 것으로 사료되었다.
3. 아스팔트뿐만 아니라 콘크리트의 경우까지를 고려한다면 소요 동력은 더 증가할 것으로 예측된다.

참고문헌

1. 윤성운 저, "공작기계," 원창출판사, 1999.
2. A. Ersoy, U. Atlcl, "Performance characteristics of circular diamond saws in cutting different types of rocks," *Diamond and Related Materials*, 13, 22-37, 2004.
3. 강화석, 강위수, 이재선, "원형톱에 의한 잣나무 가지의 절단에 소요되는 동력," *한국농업기계학회지*, 20, 245-249, 1995.
4. 이재우, "초경팁 부착형 등근톱의 절단 특성," *한국정밀공학회 추계학술 대회논문집*, 881-884, 1999.
5. 이명규, 조규중, 이경원, 이민근, "포장도로 커터기의 절단성 연구," *한국정밀공학회 추계학술대회논문집*, 593-594, 2008.