

포장도로 커터기의 절단성 연구

Cutting Characteristics of Road Cutter

*이명규¹, #조규종², 이경원³, 이민근¹

*M. G. Lee¹, #K. Z. Cho², K. W. Lee³, M. G. Lee¹

¹ 전남대학교 기계공학과 대학원, ² 전남대학교 기계시스템 공학부, ³ 전남대학교

Key words : road cutter, circular saw, cutting characteristic

1. 서론

산업현장에서 사용하는 포장도로 커터기의 경우, 도시가스 및 상수도관 매설 등의 작업에 주로 사용되는 관계로 주택가 등지에서 매연과 소음을 발생시켜 민원이 제기되고, 또한 세계적으로 배기가스에 관한 규제가 심해지고 있는바, 환경 친화적인 장비가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구진은 배기가스와 소음을 줄이기 위한 대체 방안으로 산업용으로 개조된 2000cc급 LPG β 엔진을 사용하여 포장도로 커터기를 만들어 커터기의 절단성에 대한 연구를 수행하였다. 이 때 사용된 엔진의 최대회전 속도는 2500rpm 이하로 제한 조정하였으며 엔진의 최대토크는 실제 승용차 엔진과는 다르게 약 1000rpm에서 2500rpm까지 큰 변화 없이 약 15kg·m 를 유지하도록 하였다. 아스팔트나 콘크리트와 같은 매질을 절단하는데 있어 부하가 발생했을 때, 시동이 꺼지는 것을 방지하기 위하여 얼마나 빠른 시간 안에 엔진 rpm을 보정해주는가가 중요한데, 이 부분에 대해서는 rpm 보정 상용프로그램으로 제어하도록 시스템을 구성하여 연구를 수행하였다.

현 산업현장에서 이뤄지고 있는 포장도로 절단은 작업자의 경험에 의하여 커터날 회전수나 이송속도가 조절되고 있어, 커터날 회전수나 토크, 이송속도간의 연관성에 대한 데이터를 찾아보기 힘든 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 친환경적인 LPG 엔진을 장착한 포장도로 커터기 커터날 회전수에 따른 토크와 이송속도간의 관계를 고찰하여 산업현장에서 사용할 수 있는 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

2. 실험 장치 및 방법

도로 커터기에 장착한 산업용 LPG 엔진의 사양을 Table 1에 나타내었다. 엔진 rpm의 불안정한 현상을 해결하기 위해 rpm 보정 상용프로그램을 사용하였으며 엔진에 부하가 발생하였을 때 설정 rpm의 ± 30 범위에서 보정이 되도록 제어하였다.

Table 1 General Specification of G420F Engine

Displacement (cc)	1,975
Bore X Stroke (mm)	82.0 X 93.5
Cylinder Bore Pitch (mm)	91
Rated Power(Ps/rpm) - Reference only	55/2500 for LPG and Gas
Max Torque(Kgm/rpm) - Reference only	16.5/1600 for LPG and Gas
CAM Shaft, Valve NO.	DOHC, 4V/V
Compression Ratio	9.4
Compression Pressure	1450kPa(210psi)
Idle rpm(rpm) - Reference only	700
Governed rpm(rpm) - Reference only	2600

Fig. 1은 LPG엔진을 장착시켜 만든 포장도로 커터기를 보여주고 있다. 그림에서 보여 지는 것처럼 토크 측정을 위해 실험에 필요한 장비들을 설치하였다. 엔진 출력부의 풀리와 동력을 전달하는 풀리는 1 : 0.5 의 비를 가지며 동력을 전달하는 풀리 연결부와 동근톱 사이에 토크와 rpm을 측정하기 위한 토크트랜스듀서를 커플링하여 장착하였고 통신케이블과 연결된 인디케이터를 통하여 컴퓨터에 데이터를 저장하였다.



Fig. 1 Photograph of the experimental device

Table 2 Experimental conditions

엔진 회전수 (RPM)	커터날 회전수 (RPM)	이송속도 (m/min)
1400	700	0.86
1600	800	1.03
1800	900	1.08
2000	1000	1.15
2200	1100	1.45
2400	1200	1.50

실험은 지름이 18인치, 두께 3mm의 동근톱을 장착하여 커터날 회전수와 이송속도를 변화시켜가며 아스팔트를 140mm의 깊이로 길이 1.5m를 절단하였다. 실험에서 적용된 엔진회전수와 커터날 회전수 및 이송속도를 Table 2에 표시하였다.

3. 커터기 구조 해석

LPG엔진을 장착한 커터기를 만들기 위해, 먼저 엔진을 장착하기 위한 마운팅 bracket 및 Base frame 등을 설계하였다. 그 후 각 부품 별 강도해석을 수행하여 구조적인 안정성을 평가하였다. Fig. 2는 커터기 구성품 중 주요한 Base frame과 사각블럭에 대한 강도해석결과를 보여주고 있다. Base frame에서는 최대응력이 121MPa, 사각블럭에서는 41.6MPa로 구조적인 안정성을 확보하였다고 판단되었다. 이처럼 구조해석을 수행하여 커터기가 전체적으로 안정된 구조로 설계되었다는 것을 확인하였다. 또한 고유진동수를 구하기 위해 normal mode analysis를 수행하였다. 그 결과 저차모드에서 고유진동수가 작은 값을 보였다. 따라서 커터기가 포장도로를 커팅 할 때, 커터기의 구조로 인한 공진의 영향이 거의 없을 것으로 사료되었다. 또한 커터날에 대한 고유진동수를 10차 모드까지 구하였다. 그 결과 Fig. 3에서 보여지는 것처럼 71~278Hz를 나타내었다. 이는 실제 커터날이 사용되는 rpm에 비하여 매우 낮은 값으로 커터날에 대한 공진의 영향은 매우 적을 것으로 사료된다. 이러한 결과를 종합적으로 고려하여, Fig. 1에서 보여지는 커터기를 제작하였다.

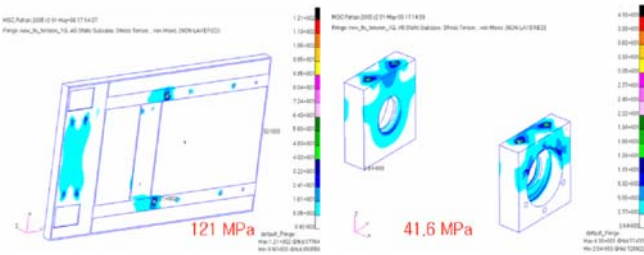


Fig. 2 Maximum stress in base frame and rectangular blocks

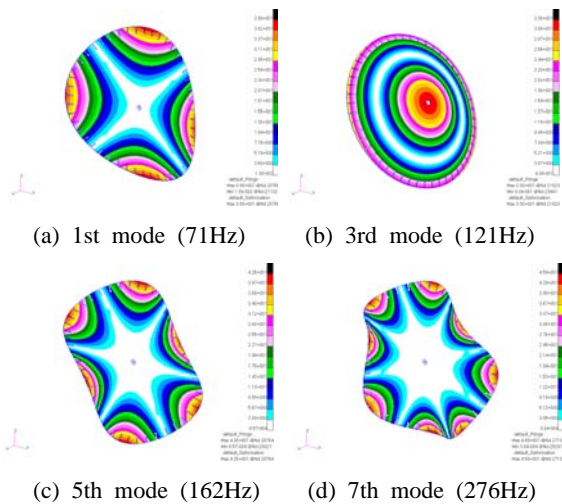


Fig. 3 Natural frequency of a circular saw

4. 실험 결과 및 고찰

제작된 커터기에 지름이 18인치, 두께 3mm의 등근톱을 장착하여 커터날 회전수와 이송속도를 변화시켜가며 아스팔트를 140mm의 깊이로 길이 1.5m를 절단하는 실험을 실시하였다. 그 결과 Fig. 4와 같은 커터날 회전수(rpm)에 따른 평균 토크 변화 그래프를 얻었다.

Fig. 4를 보면, 커터날 회전수 700~800rpm에서 평균 토크는 약 2.9kg·m이고, 900~1200rpm에서는 평균 토크가 약3.5kg·m임을 알 수 있다. 이 결과로부터, 800rpm 이하, 900rpm 이상에서 일정한 토크가 발생하는 것을 알 수 있다.

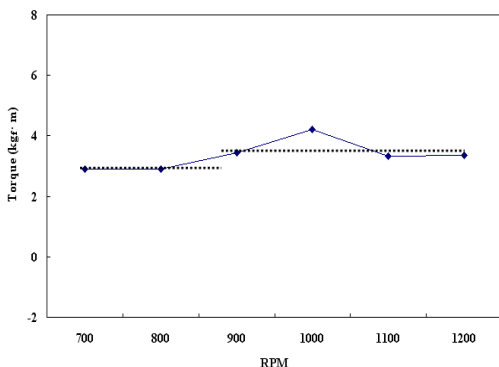


Fig. 4 Average torque by rpm

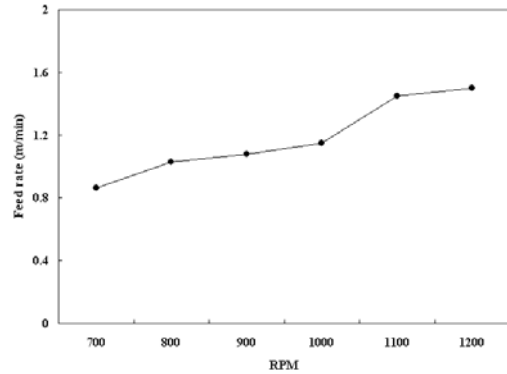


Fig. 5 Feed rate by rpm

Fig. 5는 커터날 회전수에 따른 이송속도를 보여주고 있다. 커터날 회전수를 700rpm에서 1200rpm까지 증가시켰을 때 이송속도는 0.86m/min에서 1.5m/min까지 증가하였다. 이때 1000~1100rpm 구간에서 가장 큰 속도변화를 보여주고 있다. 다시 말하면, 이는 그 rpm 구간에서 커터기의 아스팔트 절단 속도가 가장 크게 상승했다는 것을 의미한다. 커터날 회전수 1200rpm에서 가장 빠른 이송속도를 보이지만, 1100rpm에서 1200rpm 구간의 이송속도 상승이 적은 것으로 보아 슬립이 발생하고 있다고 사료된다. 1000rpm에서 1100rpm 까지의 구간에서 가장 큰 속도 상승이 발생한 것으로부터, 커터날의 슬립이 다른 구간에 비해 적게 일어나고 커터날의 절단력이 효과적으로 사용되고 있다고 사료된다.

위 결과로부터, 지름이 18인치, 두께 3mm의 등근톱을 장착한 커터기의 경우, 커터날 회전수 1000rpm에서 1100rpm 범위를 사용하여 포장도로를 절단하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

5. 결론

1. 커터기 구조에 대한 강도해석을 통하여 구조적인 안정성을 평가하였고 normal mode analysis를 수행하여 커터기 전체적인 구조와 커터날의 고유진동수가 포장도로를 절단 할 때 큰 영향을 주지 않는 범위에 존재함을 확인 한 후, 친환경적인 LPG 엔진을 장착한 포장도로 커터기를 제작하였다.
2. 커터날 회전수 700~800rpm 구간에서 평균토크가 약 2.9kg·m, 900~1200rpm 구간에서 평균 토크가 약3.5kg·m로 각 구간에서 일정한 토크가 발생하는 것을 알 수 있었다.
3. 커터날 회전수를 700rpm에서 1200rpm까지 증가시켰을 때 1000~1100rpm 구간에서 이송속도가 가장 크게 상승하는 것을 확인하였다. 결과적으로 커터날의 슬립이 다른 구간에 비해 적게 일어나고 커터날의 절단력이 효과적으로 사용되고 있다고 사료된다.
4. 결과적으로, 지름이 18인치, 두께 3mm의 등근톱을 장착한 커터기의 경우, 커터날 회전수 1000rpm에서 1100rpm 범위를 사용하여 포장도로를 절단하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

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, "초경립 부착형 등근톱의 절단 특성," 한국정밀공학회 추계학술 대회논문집, 881-884, 1999.