

저소음 브레이커 개발

김정태*, 진오성**, 윤병옥***, 이영화****.

(Low Noise Breaker)

(J.T.Kim, O.S.Jun, B.O.Yun, Y.H.Lee)

1. 서론

공사장의 건설기계 소음은 지주파 에너지를 많이 가지고 있기 때문에, 일단 소음이 발생되면 그 진파가 멀리까지 간섭없이 진행되는 물리적 특징을 가지고 있으며 현실적으로 흡음제치리를 통한 소음방지효과는 저조한 실정이다.

특히, 선진국에서는 건설기계 등의 입격한 소음 인증제도 실시로 인해 국내 일부 건설장비 생산제품이 외국에서 요구하는 소음규제치를 초과하기 때문에 저소음, 저진동 건설기계 설계 기술의 발전이 없으면, 향후 수출이전이 점차 어려워지고 있다.

이와같은 주변여건의 변화로 인해 건설기계를 생산하는 업체에서는 공사장 소음과 같은 지주파 에너지에 의해 지베 받는 소음문제를 효과적으로 저감시키기 위한 건설기계의 저소음, 저진동 설계의 필요성을 심각하게 인식하고 있는 실정이다.

- * 홍익대 기계공학과
- ** 전주대 기계공학과
- *** 표준과학 연구원
- **** 수산 중공업

건설기계중, 소음이 문제시 되는 기계로는 지반 정지공사, 기초공사, 콘크리트공사, 포장공사, 파괴 및 해체공사와 기타 등 6가지가 있다. 이 중에서 환경연구원의 연구결과에 따르면, 항타기, 브레이커 및 착암기가 높은 소음도를 나타내고 있다.

가장 높은 소음을 배출하고 있는 항타기는 기초공사에 쓰이는 것으로서 지반 천공후 H 빔을 심는 디젤 항타기의 경우, 소음도가 107 dBA를 보여주고 있다. 이 값은 기계로부터 7m 떨어진 거리에서 측정된 값이다. 또, 파괴 및 해체공사에 쓰이는 브레이커는 98 dBA의 소음도를 보여주고 있다. 착암기는 작용원리에 따라 91-96 dBA의 소음을 배출하고 있다.

본 연구에서는 건설기계중 소음이 높아 문제시되고 있는 유압 브레이커의 저소음 설계기술개발에 관한 내용이다. 저소음 브레이커의 개발을 위해 소음에너지의 전달경로를 검토하고, 현실성있는 소음방지 대책을 제시하였다. 연구결과, 브레이커의 설계개량을 통해, 10 dB의 소음저감효과를 볼 수있어

만족스러운 결과를 도출할 수 있었다.

2. 브레이커의 소음 발생경로

유압 브레이커의 외부에 노출되는 소음은 다음과 같은 경로를 통하여 발생한다.

- (i) 경로 1: Rod와 타격대상체(바위, 콘크리트등)사이의 충격직접에 의하여 발생하는 소음으로서, 외부로 그대로 노출.
- (ii) 경로 2: 피스톤과 rod 사이의 충돌에 의하여 발생하는 소음으로서, 실린더 외벽을 뚫고 외부로 방사
- (iii) 경로3: 피스톤과 rod사이의 충돌에 의해 발생한 진동이 구조물을 통해 외부로 노출된 표면으로 전달되어, 구조물 진동시 소음으로 변화.

경로 1은 rod와 타격대상체 사이에서 직접 외부로 발생하는 소음으로서, 이의 영향을 검토하기 위하여 rod에 200mm 두께의 스펀지를 끼워 그 영향을 실험 분석하였다.

실험에서는 백색잡음(white noise : 광범위한 주파수 범위에 걸쳐 균일한 에너지를 갖는 소리)을 발생시키는 B&K Noise Source를 사용하였다. 음원이 노출된 상태를 비롯하여, 음원 위에 스펀지(두께 200mm, 길이 1800mm, 폭 900mm)를 1매 덮었을 때, 2매 덮었을 때의 소음값을 비교하였다.

스펀지의 영향은 Lin으로는 6dB(스펀지 1매)내지 7dB(스펀지 2매), A-weighting으로는 17dB(스펀지 1매)내지 24dB(스펀지 2매)의 소음을 차단하는 것을 볼 수 있다. 이 스펀지는 고주파의 차단능력이 매우 우수하여 Linear에서는 차단능력이 작은 것

임 보이지만 A-weighting할 때는 저주파의 영향을 무시하는 효과가 있어, 경로1의 소음을 차단하는 효과를 볼 수 있다. 따라서 본 실험에서는 동일 스펀지를 사용하여 경로1의 소음 영향을 배제시켰다.

진달 경로 2는 충격에 의해 발생하는 실린더 내부 소음이 실린더 외부로 직접 전달되는 공기 전달 소음이다. 그러나, 브레이커의 철구조물이 최소 50 dB 이상의 차음효과가 있음을 예상할 수 있으므로, 외부에서 측정되는 브레이커의 소음도가 100-110 dB이 됨을 감안하면, 실린더 내부소음이 150 - 160 dB 수준이 되어야 함으로 실제의 전달경로로는 배제할 수 있게 된다.

한편, 경로 3은 방사소음(Radiated Sound)이라 한다. 기계의 표면에 도달한 진동에너지 중 소음 발생에 직접 영향을 미치는 파는 굽힘파(bending wave)이다. 이 굽힘파의 진동에너지는 여러 주파수 성분을 함유하고 있으며, 굽힘파의 고체내부에서의 전파속도는 주파수에 굽힘파의 전파속도는 주파수가 증가하면서 속도도 증가하는데, 굽힘파의 속도가 음속과 동일하게 되는 주파수를 임계주파수라 한다. 기계 표면상의 굽힘파의 진동에너지가 소음으로 변환되기 위하여는 이 굽힘파의 전파속도가 공기 중의 음속과 같거나 음속보다 빠른 주파수 대역이어야 한다. 즉 임계주파수 이상의 주파수를 갖는 진동이 소음으로 변환된다.

강, 알루미늄, 유리 등의 2차원 평면 임계주파수는 공학적으로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$f_{cr} = \frac{13,000}{h \text{ (mm)}} \text{ (Hz)}$$

소음은 앞에서 설명한 바와같이 고체 표면의 진동에너지로부터 변환되는데, 이 에너지 강도에 대

한 발생음 강도의 비를 방사효율이라 한다.

판에 의한 소음의 방사효율은

$$\sigma = \frac{\text{음의 강도}}{\text{진동 강도}} = \frac{E_{rad}}{\rho_0 c S \langle \bar{v}^2 \rangle}$$

로 표현되는데, 발생하는 음의 강도는 표면적 (S), 표면에서의 제곱평균속도($\langle \bar{v}^2 \rangle$)에 비례함을 보인다. 여기서 ρ_0 은 공기밀도, c는 음속이다. 따라서, 방사되는 표면적을 줄이면, 소음의 크기도 줄일 수 있음을 볼 수 있다.

3. 기존제품의 소음특성

기존제품에 대한 소음의 기준값을 측정하기 위하여 마이크로폰은 지상 1.5m, main bracket 측면 3m에 위치시켰다. 스펙터 2대를 사용하여 실험하였고 보정하지 않은 Linear 분석한 결과에서 넓은 주파수에 걸쳐 소음이 상당히 강한 것을 알 수 있다. 반면에 저주파소음은 A보정에 의하여 상당히 줄어드는 효과가 있으므로 인구를 통해 고주파 소음을 감소시켜야 진체적으로 효과를 기대할 수 있게 된다.

4. 저소음실계 검토.

본 연구에서는 앞에서 예시한 경로 특성을 토대로 저소음화를 위한 모형을 제안하여 실험방법을 적용하고 소음실험과 분석을 실시하여 적절한 모형과 저소음화를 위한 방안들을 도출하고자 하였다.

4.1 PTFE 소재의 사용

1차 시제품으로서, 피티에프이(PTFE)를 사용하여

충격에 의한 진동에너지를 절연하는 방법을 개발하여 그 효과를 검토하였다. 실험(스폰지 사용)한 소음데이터를 A-weighting하여 비교하여 보면, 대체로 진 주파수구간에서 감소하며 특히 1kHz 이상의 고주파수 소음이 상당히 감소하였다. 또한 O/A(overall) 값으로는 11.5dB 감소한 결과를 알 수 있다.

4.2 표면적의 최소화

브라켓의 면적을 줄여 소리 방사 면적을 감소시키고, 점성제질을 사용하여 싱, 허클 고정하여 완충작용을 하도록 하였다. 이러한 장치는 양산형에서 보다 고주파의 진동 전달을 차단하는 특성을 기대할 수 있다. 완충재로 우레탄을 사용할 때에 중앙에 키를 사용하고 모든 외부노출구멍을 막은 경우와 키를 제거하고 구멍노출을 허용할 수 있는 경우의 수가 발생한다. 두 경우 모두 양산형에 비교하여 많은 소음 감소를 거두었고 특히 기대한 바와 같이 고주파수의 소음감소가 가능했다.

표면적을 줄인 설계에서 상부 집성부 대신에 적층고무를 사용하고 허부에는 그대로 우레탄을 사용하였다. 피티에프이 부쉬도 병용하였고 외부구멍도 차단하였다. 실험결과, 100Hz 이상에서 소음 저감이 이루어졌고 고주파로 갈수록 저감효과는 급상승하였다. 이와같이 큰 효과가 발생한 것은 피티에프이와 점성부쉬의 효과가 누적된 결과라 판단된다. 또한 A weighting한 결과를 비교하여 봐도 동일한 현상을 관찰할 수 있다.

5. 결론

브레이커의 소음은 양쪽의 main bracket의 진동에 의해 발생하는 방사소음이며 "저소음형"의 설계는 main bracket의 넓이를 최소화시켜야 한다. 이러한 목적을 만족시키는 브레이커 형태로는 top 형이 대표적이라 할 수 있다. 따라서 저소음 브레이커가 되기 위해서는 형상에 대한 설계검토가 필수적이다. 본 연구를 통하여 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. PTFE의 사용으로 main bracket로 전달되는 진동 에너지를 감소 시킬 수 있다.
2. PTFE 부쉬 등을 사용하면 브라켓면적을 줄인 설계에서 소음감소를 기대할 수 있으며 특히 A-weighting한 결과가 좋게 나타난다. 이는 고주파의 차단특성이 양호함을 의미한다.
3. 스펀지의 유부에 따라, Rod와 타격체인 금속관 사이의 충격에 의한 소음이 상당히 측정치를 높이는 효과가 있다. 특히 소음이 저감된 모형에서 그 기여가 큰 것으로 나타난다. 따라서 개발 단계에서는 스펀지를 사용하여 측정할 것이 요망되며, 최종 계측에서는 타격대상체의 특성을 감안하여야 한다.

참고문헌

1. Richards, M.E., e.t.c., "On the prediction of impact noise, I, II, III", JSV., Vol. 76, pp.187-232. (1981).
2. 김정태 등, 저소음 브레이커 관련 한국 및 미국 특허출원 (1994, 1995)