

## 압전형 쇄석기에 의한 파쇄대상물의 진동과 파쇄효율과의 상관성

장 윤 석

부경대학교 전기제어계측공학부

### Relativity between Vibrations of Phantom and Its Break Efficiency Induced by Piezoelectric Extracorporeal Shock Wave Lithotripter

Jang Yun-Seok

Dept. of Electrical Engineering, Pukyong National University

#### 요 약

본 연구에서는 압전형 쇄석기에 의한 충격파 조사시에 초점위치 및 파쇄정도에 따른 파쇄대상물의 진동과 그 때 들려오는 방사음과의 관계에 대하여 검토해 본 시뮬레이션 결과를 제시한다. 아울러 동일한 실험을 파쇄가능한 대상물에 시행하여 진동과 파쇄효율과의 관계에 대해서도 실험적으로 검토한다. 최종적으로 압전형 쇄석기로 충격파를 대상물에 조사할 때, 충격시의 방사음과 대상물의 진동 및 그것에 따른 파쇄효율의 전체적인 상관성에 대하여 고찰한다.

#### I. 서 론

체외 충격파 쇄석기(Extracorporeal Shock Wave Lithotripter)는 현재 결석 치료에 많이 이용되고 있는 의료장비이다[1, 2]. 체외에서 충격파를 발생시키는 방법에도 여러 가지가 있지만, 압전소자 배열을 이용하여 초점에서 충격파가 되게 하는 압전형이 파괴된 대상물을 체외로 빠져나가게 하는 데에 장점이 있는 장비로 잘 알려져 있다. 그것은 어떤 식의 장치이든 이미 체내에서 충격파에

의해 부러지기는 하지만 그 크기가 문제가 될 수 있는 데, 압전형 장치는 애초부터 체외로 배석될 수 있을 정도의 크기로 잘게 부서지게 하는 파쇄능력을 가지고 있다는 점에 있다.

본 연구에서는 압전형 체외 충격파 쇄석기를 이용하여 실험에 임하였다. 지금까지 이 초음파를 이용한 쇄석기에 대한 연구는 여러 가지 형태로 전개되어 왔다. 하지만 아직도 환자의 안전성 문제, 장치의 효율성 문제등 여러 가지로 해결되어야 할 문제들이 산재해 있는 것도 사실이다. 본 연구는 여태까지 진이 그림으로부터 행되어 오던 압전형 쇄석기를 사용하여 대상물에 충격파를 조사할 때, 들려오는 방사음에 대한 연구[3, 4]에 이어서 실제 시술시에 참고가 될 수 있도록 압전형 쇄석기를 사용할 때에 대상물 위의 초점의 위치와 대상물의 진동과의 관계에 대하여 먼저 조사를 한 다음, 그 결과를 바탕으로 하여 진동과 파쇄효율간의 상관성을 실험적으로 분석한 결과를 제시한다.

#### II. 대상물 위의 초점위치와 진동과의 관계

##### II-1. 실험방법

본 장에서는 재현성있는 실험결과를 위하여, 금속대상물을 선정하여 대상물에 있어서의 초점위치를 바꿔가면서 충격파를 조사하여 그 순간의 진동을 계측하는 것이 기본적인 본 실험의 방법이다. 먼저 본 연구에서의 실험구성도를 그림 1에 나타낸다. 본 실험에서 사용된 장치는 일본 Toshiba사의 시험용 압전식 충격파 발생장치이며, 시판된 장치와 동일한 기능을 가지고 있는 장치이다. 그림에서와 같이 대상물을 진동을 계측하기 위해서는 레이저 도플러 계측기(Laser Doppler Velocimetry)를 사용하고, 계측기의 센서로 계측된 진동 파형을 분석하기 위해서는 2채널 FFT 애널라이저를 이용한다.

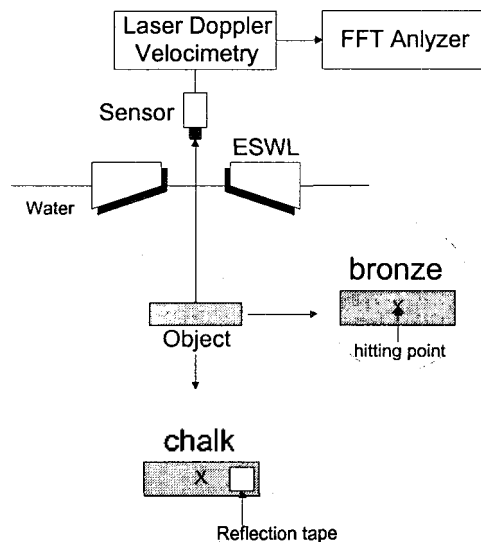


그림 1. 레이저 도플러 계측기를 이용한 실험구성도

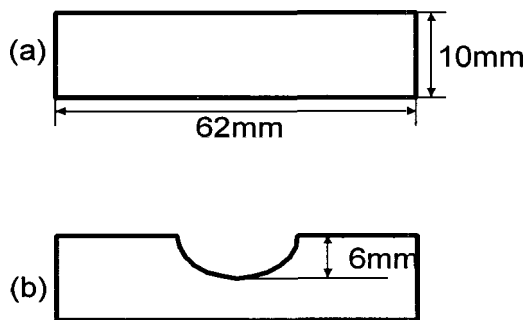
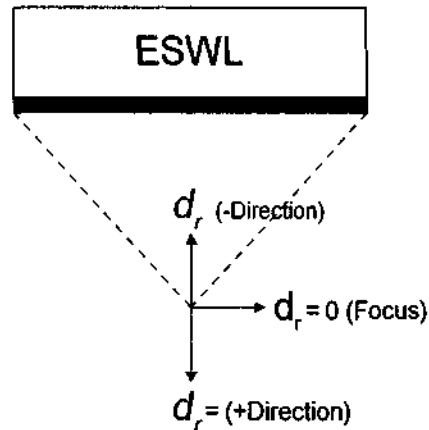


그림 2. 진동 측정 대상물



$d_r$ : Relative position of center of object from the focus

그림 3. 대상물과 초점과의 상대적 위치를 나타내는 실험구성도

실험대상물은 앞서 설명한 바와 같이 재현성 있는 실험결과를 위하여, 그림 2 (a), (b)에 나타낸 것과 같이 2종류의 황동봉을 사용하였는데, (a)는 파쇄되기 전의 상태, (b)는 충격파에 의한 파쇄가 진행되어 600회 정도의 조사에 의해 상당부분 부서져 없어진 상태를 가정하여 제작한 것이다.

대상물의 설치위치를 표시하기 위하여, 그림 3과 같이 구성하여  $d_r$ 이란 파라미터를 설정한다.  $d_r=0$ 는 대상물의 중앙과 초점의 위치가 일치하는 점을 나타내고 있고, 대상물 중앙의 위치가 쇄석기 쪽으로 치우쳐 있는 방향을 음(-)의 방향, 그 반대방향을 양(+)의 방향으로 설정한다.

실험은 각각의 대상물을  $d_r=-10mm$ 부터  $d_r=10mm$ 까지 위치를 변화시켜 가면서 충격파를 조사하여, 그에 따른 대상물의 진동 변화를 스펙트럼에서 나타나는 대상물 고유의 피크의 파워를 분석하여 조사하는 것으로 한다.

## II-2. 실험결과

앞에서 제시한 실험방법에 따라 실험을 행

한 결과를 그림 4에 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 각각의 대상물 모두 쇄석기 측에 가까운 초점영역에서의 파워가 쇄석기에서 상대적으로 더 멀어지는 쪽의 파워보다 약 10 dB 이상 큰 경향을 보이고 있다. 또한, 그림 2 (b)의 대상물인 경우,  $d_r=0$ 의 부근 즉, 대상물의 중앙과 초점위치가 일치하는 위치에서는 파워가 다른 부분에 비해 감소되어 있는 것을 알 수 있다. 이 현상은 굴곡 진동의 진동 모드에서 절점이 그 중앙에 위치하는 진동을 하는 경우로 해석될 수 있다. 본 실험의 경우, 전술한 해석에 따라 충격파가 절점 부근에 조사되는 경우, 대상물을 진동시키기 어려운 것은 분명한 결과이다.

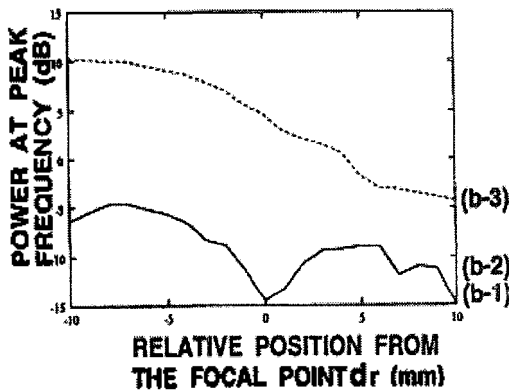


그림 4. 대상물의 스펙트럼에 있어서의 피크치의 변화

### III. 대상물 충격시의 파쇄효율에 관한 검토

본 절에서는 초크를 파쇄대상물로 하여 충격파를 조사한 경우, 고유진동의 피크 주파수의 파워 변화와 파쇄효율과의 관계를 조사한다. 즉, 고유진동의 피크 주파수의 파워와 파쇄효율에 관한 측정치를 비교한다.

실험방법을 먼저 설명하면, 그림 3의 설정에 따라, 6.2 cm의 초크를 대상물로 하여 각각의 위치에 의한 피크 주파수의 파워를 측정한다. 단, 초크는 부서지는 재질을 가지고 있으므로, 충격파를 1회 조사한 때의 초크의 진동을 레이저 도플러 계측기를 이용하여 측정하고, 레이저 도플러 계측기용 반사 테일

을 대상물의 중앙이 아닌 끝부분에 접촉한다. 그 실험결과를 그림 5에 제시한다.

다음에는, 이 결과와 비교하기 위하여 초점 위치의 변경에 따른 파쇄효율을 측정하는 실험을 행한다. 먼저, 대상물에 있어서의 초점의 위치를 바꾸어 가면서 초크가 부러질 때까지의 충격과 조사회수를 조사한다. 본 실험에서는, 이 과정을 5회 반복하여 평균한 결과를 그림 6에 나타낸다. 그림 6의 형태로서는 그림 5와 비교가 곤란하다고 판단되므로, 파쇄까지의 충격과 조사회수를 파쇄효율도로 변환할 수 있는 파라미터를 설정할 필요가 있다. 따라서, 충격과 조사회수와 파쇄효율이 서로 반비례 관계라는 것에 착목하여,  $K = \frac{1}{N}$  과 같이 정한다. 여기서,  $K$ 는

파쇄효율,  $N$ 은 대상물이 부러지기까지의 충격과 조사회수이다. 이와 같이 그림 6의 그래프를 변환한 결과를 나타낸 것이 그림 7이다. 이 그림을 보면, 전체적인 경향이 그림 5의 고유진동의 피크주파수의 파워변화와 유사한 결과라는 것을 알 수 있다. 따라서, 고유진동의 피크주파수의 파워와 파쇄효율과의 상관성을 직접적으로 나타내는 것을 확인하기 위하여 고유진동의 피크주파수의 파워를 세로축, 파쇄효율을 가로축으로 한 그래프를 그림 8에 제시한다. 이 그림으로부터 파쇄효율이 고유진동의 피크주파수의 파워에 비례하고 있는 것을 알 수 있다.

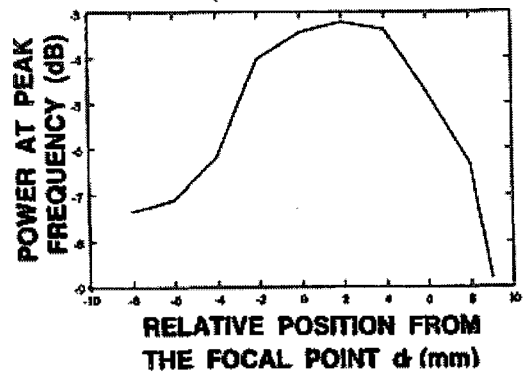


그림 5. 초점위치에 따른 초크의 피크주파수 파워의 변화

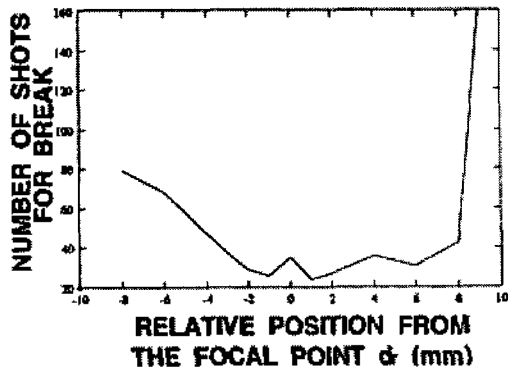


그림 6. 초점위치에 따른 초크 파쇄까지의 충격파 조사회수

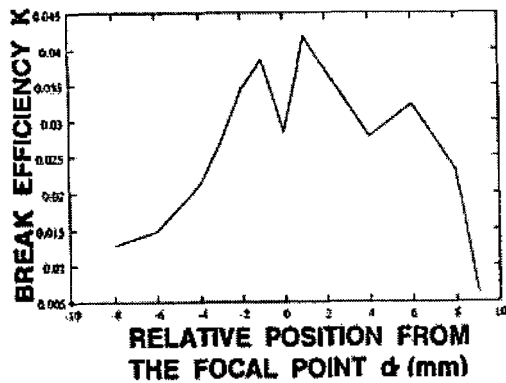


그림 7. 초점위치에 따른 파쇄효율

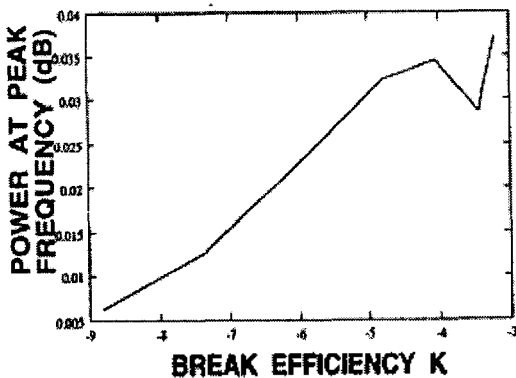


그림 8. 피크주파수의 파워와 파쇄효율과의 상관성

#### IV. 결 론

본 논문에서는 초점위치에 따른 파라미터를 설정, 그것에 의한 대상물의 고유진동의 피크주파수의 파워 변화를 조사하여, 해석기

의 초점을 대상물의 표면에 맞추는 것보다 반대측면에 맞추는 쪽이 더욱 큰 진동을 발생시킨다는 점을 알았다. 아울러 대상물의 파쇄효율이 추정될 수 있는 파라미터를 설정하여, 동일한  $d_f$ 에 있어서의 고유진동의 피크주파수의 파워와 파쇄효율에 대한 실험결과를 비교한 결과, 서로 대응되는 것을 알았다.

위의 결과로부터, 대상물에 있어서 파쇄효율이 좋은 초점위치는 그 대상물의 고유진동이 생기기 쉬운 위치라고 추정할 수 있으므로, 대상물의 외형에 의한 진동 모드와 파쇄효율과의 상관성으로부터 대상물의 파쇄에 최적의 초점 위치를 판단할 수 있는 가능성을 분명히 관측할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] P. T. Hunter et al. Measurement of shock wave pressures used for lithotripsy. J. Urology, Vol. 136, pp.733-738, 1986.
- [2] E. Heusler et al. Destruction of kidney stones by means of autofocused guided shock waves. In 2nd European Cong. on Ultrasonics and Medicine, Munich, 1975
- [3] Y. S. Jang. et al. Measurement and analysis of vibrations on surface of phantom induced by piezoelectric Extracorporeal Shock Wave Lithotripter. JJAP, Vol. 35, 5(B), pp. 3163-3166, 1996.
- [4] 장윤석외 1명. 체외충격파결석파쇄장치에 의한 대상물 파쇄시의 발생음의 측정과 해석. 음향학회지, 16권 6호, pp.36-40, 1997.