

충격 햄머 드릴의 성능향상을 위한 연구[#]

Research for Performance Improvement of Impact Hammer Drill

김재환[†] · 박철우^{*} · 한상용^{**} · 권남진^{**} · 강춘구^{**} · 정영채^{**}
Jaehwan Kim, Cheolwoo Park, Sangyong Han, Namjin Guan, Chungu Kang
and Youngchae Jung

(2005년 1월 3일 접수 : 2005년 4월 9일 심사완료)

Key Words : Impulse Hammer Drill(충격햄머드릴), Striker(타격체), Anvil(모루), Coefficient of Restitution(반발계수)

ABSTRACT

This paper presents the performance test of an impact hammer drill in conjunction with the parameter consideration of coefficient of restitution, lubrication and friction, pressure leakage, vibration damper and production quality. Novel measurement setups are innovated in order to get the parameter data. The measured data are compared with the computational results, and this comparison gives a confidence on the computational model, which can be used for a optimal design of impact hammer drills.

1. 서 론

충격 햄머드릴은 타격과 드릴링을 동시에 수행하는 기기로 암석을 파괴하는 착암기와 드릴이 합쳐진 구조이다.^(1~4) 이러한 햄머드릴의 성능을 나타내는 중요한 인자로는 타격력, 제품의 내구성, 신뢰성, 반발력, 소모전력, 작업의 용이성, 진동, 소음 등이 있다. 이중 타격력은 햄머 드릴의 천공능력을 결정하는 중요한 인자로서 전체적인 능력의 향상을 위해서는 타격력을 향상시켜야 한다. 또한 타격 후 튀어오르는 반발력은 작업자에게 피로를 주며 타격불발이나 아이들링 타격과 같은 타격이상은 제품의 질에 영향을 준

다. 따라서 최고의 성능을 나타내는 최적의 햄머드릴을 개발하기 위해서는 충격햄머드릴의 타격기구에 있어서 이러한 복잡한 인자들간의 관계를 정확히 이해하고 설계하는 것이 필요하다. Fig.1은 스트라이커형 충격햄머드릴의 개념도로 피스톤과 스트라이커 사이에 높은 압력이 생성이 되며 이 압력으로 스트라이커는 엔빌을 빠른 속도로 가격하게 된다.

이 연구에서는 충격햄머드릴의 타격 기구의 이해와 해석의 정확성을 위하여 스트라이커와 엔빌, 엔빌과 드릴비트 사이의 반발, 스트라이커와 실린더 사이의 마찰, 실린더 내의 압력누수, 공기 유동에 의한 압력변화 등을 실험을 통하여 알아 보고 성능평가실험을 통하여 기존 연구 결과로 얻어진 해석⁽⁵⁾을 검증하였다.

2. 설계 분석 실험

2.1 반발계수 측정

타격체가 압력을 받아 가속이 되어 비트 가이드(엔빌)를 때리게 될 때 타격이 일어나는 순간은 매우 짧은 시간이다. 따라서 이 순간의 타격체 운동을 정확

[†] 책임저자 : 정회원, 인하대학교 기계공학과
E-mail : Jaehwan@inha.ac.kr
Tel : (032) 860-7326, Fax : (032) 868-1716

^{*} 정회원, 인하대학교 대학원 기계공학과

^{**} 계양전기(주)

[#] 이 논문은 2004추계학술대회 우수발표논문으로 추천되었음.

하게 구하기란 쉽지 않다.⁽⁶⁾ 그래서 이 연구에서는 Fig. 2와 같은 낙하식 반발계수 측정장치를 사용하여 스트라이커와 엔빌, 엔빌과 드릴비트 사이의 반발계수를 측정하였다.

Fig. 2와 같은 낙하식 반발계수 측정장치에서 엔빌을 낙하 시켜타격전의 속도와 타격후의 속도비로 반발계수를 측정한다. 속도측정은 낙하체에 5~6mm의 반사테이프를 붙인 후 낙하, 타격점에서의 타코 신호를 오실로스코프로 측정하였다. 반사테이프의 폭을 타코 신호의 펄스폭(시간)으로 나눔으로 속도

를 구할 수 있다. 실험에 쓰인 타코미터는 VLS7레이저 센서로서 민감도는 0V/4V이고 속도는 3~25만 rpm이다.

Fig. 3은 5mm 반사테이프를 붙인 스트라이커를 엔빌에 낙하 시켜 나온 타코 신호이다. 첫 번째 신호는 타격전 신호이며 두 번째 신호는 타격 후 신호이다. 이후 타격 포인트와 타코 신호를 잡는 위치와의 거리를 보정해 주었다.

타격 전, 후의 속도, v_1, v_2 는

$$v_1 = A/T_1 \quad (1)$$

$$v_2 = A/T_2 \quad (2)$$

여기서, T_1, T_2 는 타격 전, 후의 타코 신호폭, A 는 반사 테이프 폭이다. 반발계수는 타격 전후의 속도로 구하되, 타코 측정점과 타격 타격점과의 거리, B 를 보정해 주어야 한다. 여기서 타격 전의 경우, 보정의 영향은 매우 작지만 타격 후 속도 보정은 차이가 많다. 따라서 타격 후 속도에 대한 보정만 고려하면 자유 낙하식에 의하여 보정된 속도는

$$v_2' = \sqrt{2g(v_2^2/2g + B)} \quad (3)$$

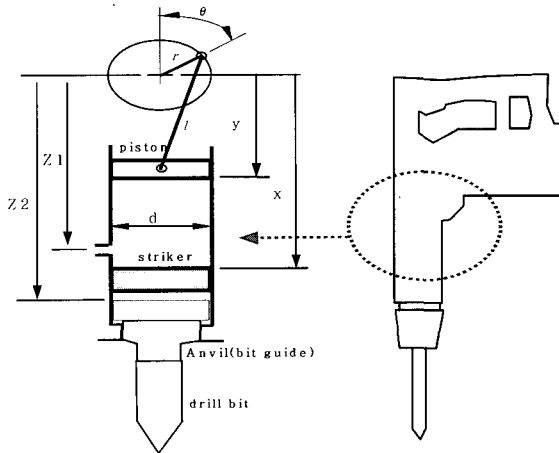


Fig. 1 Configuration of the impact hammer drill

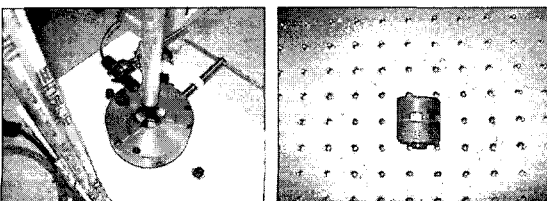
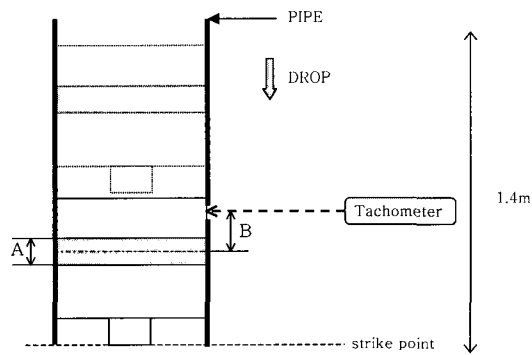


Fig. 2 Schematic diagram of experimental setup for coefficient of restitution measurement

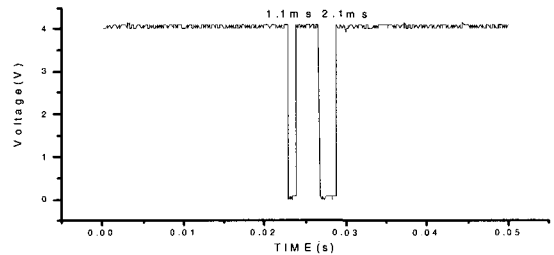


Fig. 3 Tacho signal of a striker

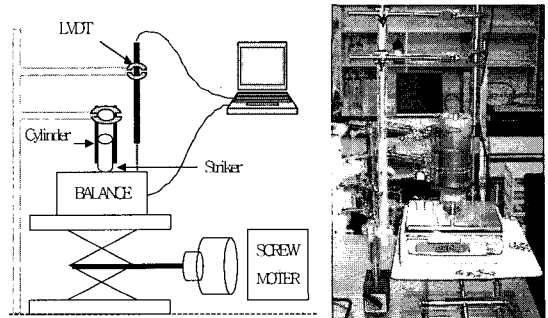


Fig. 4 Schematic diagram of experimental setup for friction test

여기서 g 는 중력가속도이다. 따라서 반발계수는

$$e = v_2' / v_1 \quad (4)$$

2.2 윤활 및 마찰 측정

윤활은 실린더 내의 메커니즘에 영향을 미치는 인자이다. 윤활의 양과 온도에 따른 실린더 내의 마찰을 측정하였다.

(1) 장치구성 및 실험 내용

Fig. 4는 실험장치를 나타낸다. 실린더의 아랫 부분에 타격체를 끼운 후 저울 위에 변위측정용 LVDT와 같은 수평선에 위치시킨다. 모터를 이용하여 일정한 속도로 저울대를 올리면 타격체의 변위와 그에 따른 마찰력을 저울로 구할 수 있다.

(2) 실험결과

Fig. 5는 각 제품의 온도와 윤활 유무에 따른 힘-변위 선도이다. (a)는 O-ring을 장착한 타격체의 마찰력을 나타낸 그림으로 온도에 따른 영향은 크지

않으나 윤활 유무에 따라 마찰이 크게 차이가 난다. (b)와 (c)는 PA-ring을 장착한 타격체들로 온도와 윤활 모두 크게 차이를 나타내지 않았다. (d)는 압축 링을 사용한 타격체로 온도와 윤활에 민감했다.

2.3 압력누수 측정

피스톤, 실린더, 스트라이커의 압력누수는 타격력에 많은 영향을 준다. 압력누수를 줄이기 위해 O-ring, piston-ring과 실린더의 간격을 줄이면 마찰이 커진다. 실린더의 온도와 윤활에 따라 간극이 달라지고 압력누수와 마찰이 변화한다. 온도, 마모에도 마찰과 압력누수가 작은 최적의 간극 유지가 필요하다.

(1) 장치구성 및 실험 내용

Fig. 6과 같이 실린더에 타격체를 끼운 후 압력이 실린더 상단과 하단에서 새지 않도록 기밀을 유지한다. 실린더 상단에 일정한 양의 공기를 주입시킨 후 공기주입을 중지시키면 로드셀에 측정된 힘이 시간에 따라 감소한다. 그 형태는 보통 지수함수로 감소하며

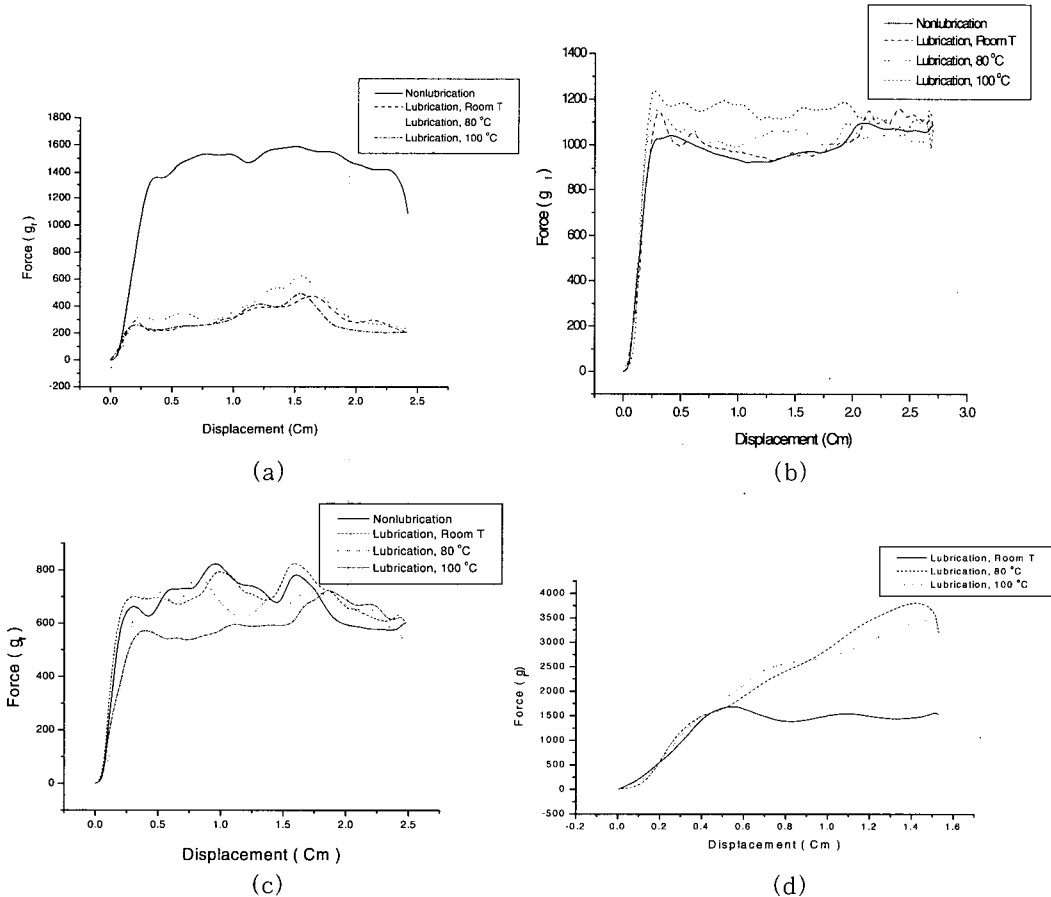


Fig. 5 Force-displacement diagram of friction test

각 실험에서 나온 그래프를 정형화된 그래프에 맞추어 30%, 50%, 75%에 해당하는 시간 값을 구하여 그 값을 비교한다.

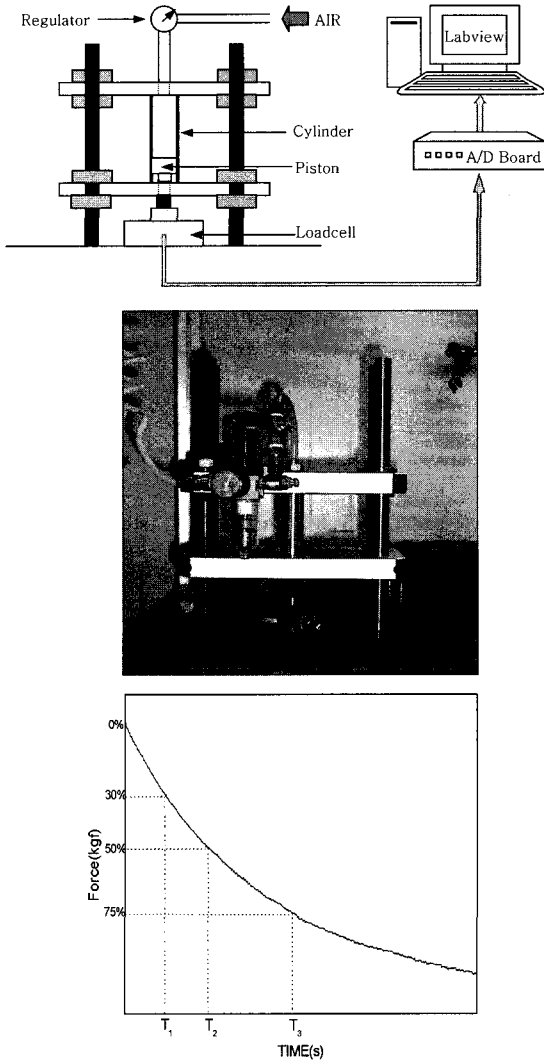


Fig. 6 Schematic diagram of experimental setup for pressure leak test

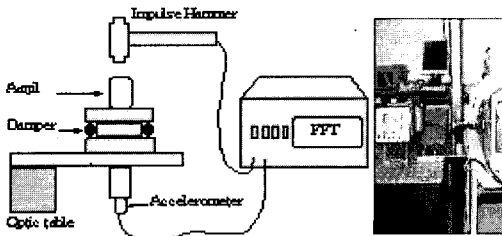


Fig. 7 Schematic diagram of experimental setup for damper test

(2) 실험 결과

Table 1은 햄머드릴을 온도와 사용시간에 따라 압력 누수를 측정된 값이다. 표에서 보듯이 사용했던 부품은 새 부품 보다 누수시간이 작아 누수가 빨리 된다. 온도의 영향은 사용한 부품에서는 온도가 높을 수록 누수 시간에 늘어나는 것을 알 수 있다. 제품 시동초기 보다 어느 정도 제품의 온도가 올라갔을 경우 누수가 적게 일어나는 것을 알 수 있다.

2.4 댐퍼 성능 실험

각 햄머드릴에 장착된 댐퍼의 성능 테스트를 위하여 주파수 응답곡선(FRF)을 측정하였다. 이는 진동 감소의 정도를 알아보는 실험으로 댐퍼의 형상과 크기에 따라 그 정도가 다르다.

(1) 장치구성 및 실험 내용

Fig. 7과 같이 방진테이블에 댐퍼가 들어갈 수 있을 만큼의 지그를 제작한 후 댐퍼의 아래 부분에 가속도 센서를, 위 부분에는 햄머를 이용하여 FRF를 보았다.

(2) 실험 결과

Fig. 8은 측정된 주파수 곡선으로 B, D 제품은 광폭 또는 이중 댐퍼를 이용했으며 reduction 값이 다른 제품보다 월등히 우수하게 나타났다. 제품의 진동을 줄이려면 댐퍼의 진동 감쇄량을 늘려야 하는데 이중이나 광폭 댐퍼를 사용하는 게 유리하다.

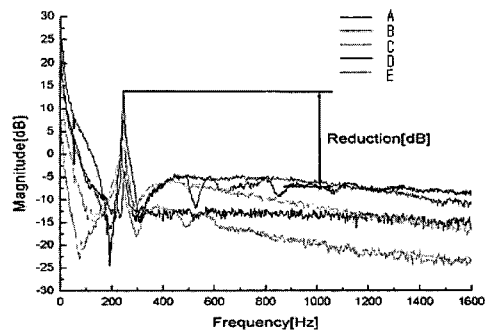


Fig. 8 Plot of FRF test with dampers

Table 1 Results of leak test

종류	30%(s)	50%	75%
Used_normal	23.59	47.76	94.94
Used_120℃	42.74	105.24	193.04
New_normal	76.91	123.44	213.85
New_120℃	58.88	113.17	225.75

3. 성능 평가 실험

성능 평가 실험에서는 크랭크 각도에 따른 타격력, 반발가속도, 내부압력을 측정하였다. 전체적인 성능의 경향성을 분석하기 위해서 여러 설계인자를 변경해 가며 실험하였다.

3.1 장치 구성 및 실험 내용

성능평가는 Fig. 9와 같은 평가장치를 제작하여 수행하였다. 크랭크 행정의 속도를 얻기 위해서 실린더 부근에 구멍을 뚫고 피스톤의 요동을 일으키는 스와시 베어링 끝 부근에 반사테이프를 붙여 타코미터로 피스톤의 위치를 측정하였다. 햄머드릴의 손잡이에는

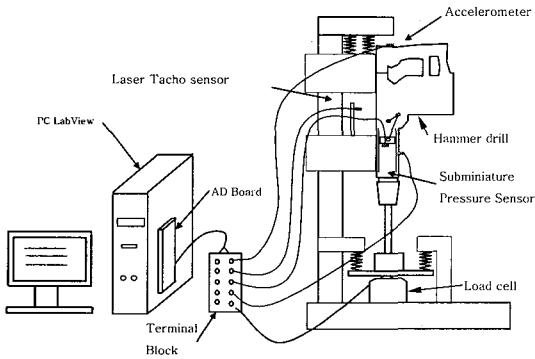


Fig. 9 Schematic diagram of performance test

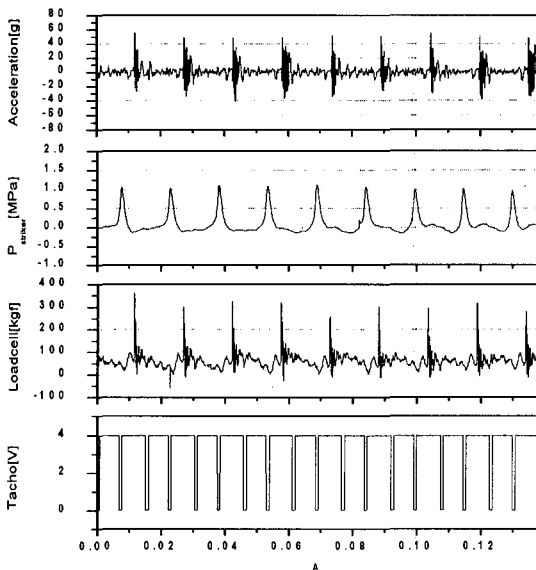


Fig. 10 Plot of acceleration, inner pressure and strike force with tachometer signal

반발가속도의 측정을 위해 가속도계를 장착하고 실린더 내부압력 측정을 위해 실린더 바닥에 미니 압력센서를 부착했다. 타격력은 로드셀을 이용하였다.

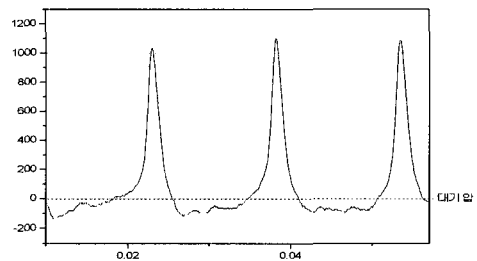
각 센서에서 측정된 데이터들은 NI Terminal Block을 통하여 모두 PC내 NI6023E AD 보드에 모아진다. Data 자료처리는 Labview7.0 프로그램을 이용했으며 실시간 모니터링과 레코딩 기능을 내장하고 있다.

3.2 실험 결과

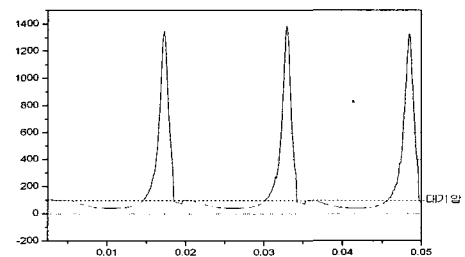
Fig. 10은 타코 신호에 따른 반발 가속도와 타격력, 그리고 내부압력을 나타낸 그림이다. 타격점은 타코 신호 2개당 하나가 발생하며 이는 스와시 베어링의 위치가 실린더의 중앙에 위치해 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 최대 압력 지점에서 타격력 사이에 시간 지연 존재하며 이 값이 커지면 그만큼 실린더 내부압력으로 발생한 힘이 타격력에 전달되는 효율을 떨어트린다. 측정된 반발가속도와 타격력은 측정된 데이터의 peak 값을 자동으로 평균하여 성능을 쉽게 평가할 수 있다.

4. 해석결과검증

Fig. 1에 나타난 모델을 근거로 타격햄머드릴의 해



(a) Test



(b) Simulation

Fig. 11 comparison with test and simulation of cylinder pressure

석 프로그램을 개발하였다.⁽⁵⁾ 시뮬레이션은 설계인자의 변화에 대한 성능 예측 프로그램으로 포트란 프로그램으로 자체 제작되었다. Fig. 11은 내부압력의 실험과 시뮬레이션 결과를 비교한 그림이다. 실험에서의 내부압력이 1.1 Mpa인 반면 해석에서는 1.39 Mpa 이 나왔다. 여기서 대기압 0.1기압을 실험시 제외시켜 주었기 때문에 실제 0.19 Mpa 차이로 실험치와 매우 근접한다. 뿐만 아니라 압력의 변화하는 형태도 실험치와 매우 유사하다. 내부압력의 비교는 이에 따라 스트라이커의 운동과 타격이 발생하므로 실험과 해석의 검증에서 가장 효과적인 비교이다. 해석과 실험에서 타격력은 각각 320 kgf와 380 kgf를 나타냈다.

5. 결 론

이 연구에서는 충격햄머드릴의 성능향상을 위하여 성능에 영향을 미치는 인자들을 측정하는 반발계수실험, 윤활 및 마찰실험, 압력누수실험을 실시하였다. 또한 햄머드릴의 성능평가 실험장치를 구성하여 성능을 평가하였다. 이러한 인자측정실험과 성능평가실험은 햄머드릴의 성능향상에 기여하는 인자에 대한 정확한 이해를 도와주며, 기존의 연구에 의해 개발한 성능해석 프로그램의 정확성을 검증할 수 있었다. 성능해석 프로그램은 충격햄머드릴을 최적화 설계하는데 사용될 수 있으며 성능 영향인자들에 대한 정확한 이해와 더불어 충격햄머드릴의 신뢰성을 높일 수 있게 되었다.

참 고 문 헌

- (1) Simon, R., 1962, "Digital Machine Computations of the Stress Waves Produced by Striker Impacts in Percussive Drilling Machines," Rock Mechanics (Edited by C. Fairhurst), pp.137~154, Pergamon Press.
- (2) Lundberg, B. 1982, "Microcomputer Simulation of Stress Wave Energy Transfer to Rock in Percussive Drilling," Int. J. Rock. Mech. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.19, pp.229~239.
- (3) Baccu, R. and Lundberg, B., 1987, "Transmission and Dissipation of Stress Wave Energy at a Percussive Drill Rod Joint," Int. J. Impact Eng., Vol. 6, pp.157~173.
- (4) Nordlund, E., 1989, "The Effect of Thrust on the Performance of Percussive Rock Drills," Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 26, pp.51~59.
- (5) 김재환, 박병규, 정재천, 백복현, 1997, "충격 햄머드릴의 타격력 향상을 위한 연구," 한국소음진동공학회논문집, 제 7 권, 제 4 호, pp.669~679.
- (6) Mary, J. S., and William, B. S., 1997, Impact-Echo: Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, New York.