

충격 헤머 드릴의 성능향상을 위한 연구

Research for performance improvement of impact hammer drill

박철우*·김재환**·한상용***·권남진***·강춘구***·정영채***

Cheolwoo Park, Jeahwan Kim and Sangyong Han and Namjin Guan and Chungu Kang and Youngchae Jung

Key Words : Impulse hammer drill(충격헤머드릴), Striker(타격체), Anvil(모루), coefficient of restitution(반발계수)

ABSTRACT

This paper presents performance of the impact hammer drill with coefficient of restitution, lubrication and friction, pressure leakage, damper efficiency and the general quality test. The novel measurement systems are introduced in order to get the reasonable data. The mechanism of strikers with inner pressure is revealed in the general quality test. Due to these factors we are able to make the computational analysis correctly.

1. 서론

충격 헤머드릴은 타격과 드릴링을 동시에 수행하는 기기로 암석을 파괴하는 착암기와 드릴이 합쳐진 구조이다. 이러한 햄머드릴의 성능을 나타내는 중요한 인자로는 타격력, 제품의 내구성, 신뢰성, 반발력, 소모전력, 작업의 용이성, 진동, 소음 등이 있다. 이 중 타격력은 햄머 드릴의 친공능력을 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 준다. 따라서 최고의 성능을 나타내는 최적의 햄머드릴을 개발하기 위해서는 충격햄머의 타격기구에 있어서 이러한 복잡한 인자들간의 관계를 정확히 이해하고 설계하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 우선 충격햄머드릴의 타격 기구를 이해하기 위하여 스트라이커와 앤빌, 앤빌과 드릴 비트 사이의 반발, 스트라이커와 실린더 사이의 마찰, 실린더 내의 압력누수, 공기 유동에 의한 압력변화등을 실험을 통하여 알아 본다.

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 정확하게 구하기란 쉽지 않다. 그래서 본 연구에서는 각 타격체의 반발계수 구하여 충돌시 타격체 운동을 예측할 수 있다.

(1) 측정 이론

Fig.1 과 같은 충격 모델에 있어서 드릴비트 (m_s)와 앤빌 (m_d)을 바닥에 붙여놓고 타격체를 일정한 높이에서 낙하 시켰을 때 충돌전(\dot{x})과 충돌 후(\dot{x}')의 운동량이 보존되어야 하므로

$$m_s \dot{x} = -m_s \dot{x}' + m_d \dot{Z}' \quad (1)$$

반발계수는 정의에 의하며,

$$e = -\frac{\dot{x}' - \dot{Z}'}{\dot{x} - \dot{Z}} \quad (2)$$

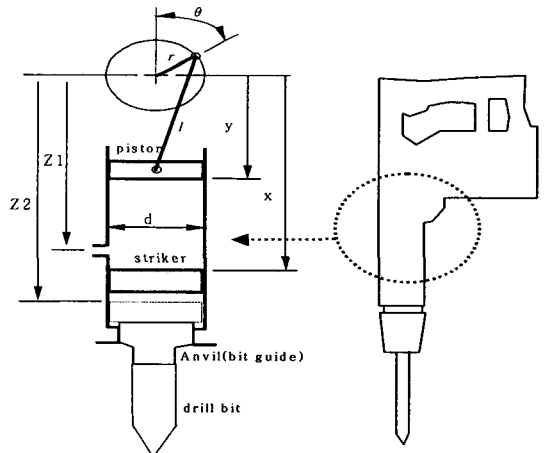


Fig.1 Configuration of the impulse hammer drill

* 인하대학교
E-mail : znznzn7@empal.com
Tel : (032) 872-7925, Fax : (032) 868-1716

** 인하대학교

*** 계양전기

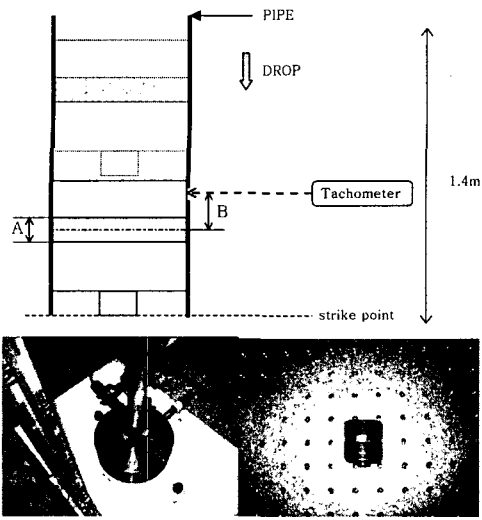


Fig.2 Schematic diagram of experimental setup for coefficient of restitution measurement

비트 및 비트가이드의 충돌 전 속도는 0 이고 타격체가 충돌 후 h' 만큼 튀어 올랐을 때 타격체의 충돌 후 속도는,

$$\dot{x}' = \sqrt{2gh'} \quad (3)$$

이 된다. 따라서 식 과 식 을 식 을 대입하면 반발계수는,

$$e = \frac{\sqrt{h'} + m_s/m_d (\sqrt{h} + \sqrt{h'})}{\sqrt{h}} \quad (4)$$

(2) 측정 방법

높이 1.4m 에서 스트라이커 또는 엔빌을 낙하시켜 타격전의 속도와 타격후의 속도비로 반발계수를 측정하였다. 속도측정은 대상체에 5~6mm 의 반사테이프를 붙인 후 낙하시켜 충돌지점에서의 타코 신호를 오실로스코프로 분석하였다. 반사테이프의 폭길이를 타코 신호(시간)로 나누어 속도를 구할 수 있다. 다음 그림은 반발계수 측정 개념도이다. 타코 포인트와 타격점과의 거리가 있으므로 타격전후의 속도 보정이 되어야 한다. 하지만 타격 전의 보정은 보정하지 않은 값과 크게 차이가 나지 않는다.

자유 낙하식에 의하여

$$V_2 = \sqrt{2g(V_2^2 / 2g + B)} \quad (5)$$

따라서 반발계수 e 는

$$e = V_2' / V_1 \quad (6)$$

2.2 윤활 및 마찰 측정

윤활은 실린더 내의 메커니즘에 영향을 미치는

인자이다. 윤활의 양과 온도에 따른 실린더 내의 마찰을 측정하여 타격체 운동에 미치는 영향을 알 수 있다.

(1) 장치구성 및 실험 내용

실린더의 아랫 부분에 타격체를 끼운후 저울위에 LVDT 와 같은 수평선에 위치시킨다. 모터를 이용하여 일정한 속도로 저울대를 올리면 타격체의 변위와 그에 따른 저울에 양을 구할 수 있다. 이 저울의 양으로 실린더 내의 마찰 정도를 알 수 있다.

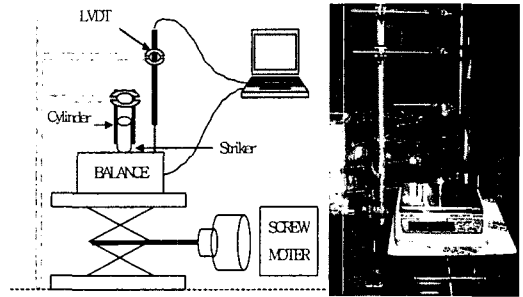


Fig.3 Schematic diagram of experimental setup for friction test

(2) 실험결과

Fig.3 은 각 제품의 온도와 윤활 유무에 따른 힘-변위 선도이다. (a)은 O-Ring 을 장착한 타격체의 윤활정도를 나타낸 그림으로 온도에 따른 영향은 크지않으나 윤활 유무에 따라 마찰이 크게 차이가 난다. (b)와 (c)는 PA-Ring 을 장착한 타격체들로 온도와 윤활 모두 크게 차이를 나타내지 않았다. (d)는 압축 링을 사용한 타격체로 온도와 윤활에 민감했다.

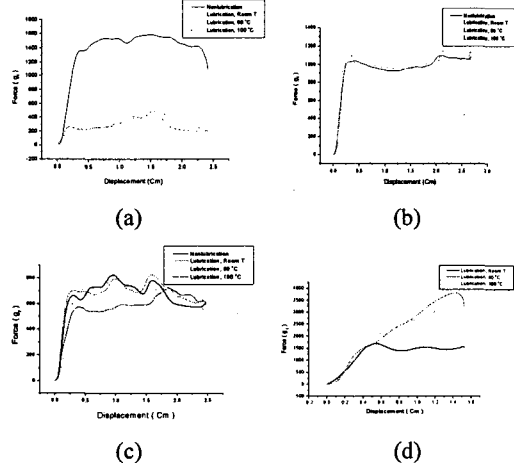


Fig.3 Force-displacement diagram of friction test

2.3 압력누수 측정

피스톤, 실린더, 스트라이커의 압력누수는 타격력에 많은 영향을 주지만 압력누수를 줄이기 위해 O-Ring, Piston-Ring 과 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.4 와 같이 실린더에 타격체를 끼운후 압력이 실린더 상단과 하단에서 새지 않도록 기밀은 유지한다. 실린더 상단에 일정한 양의 공기를 주입시킨 후 공기주입을 중지시키면 로드셀에 측정된 양이 시간에 따라 감소한다. 그 형태는 보통 지수함수로 감소하며 각 실험에서 나온 그래프를 정형화된 그래프에 맞추어 30%, 50%, 75%에 해당하는 시간값을 구하여 그 값을 비교할 수 있다.

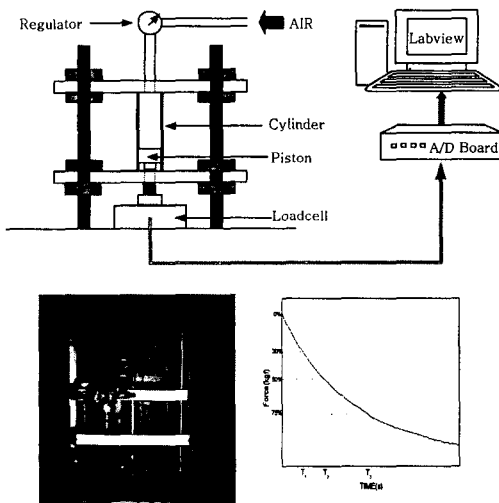


Fig.4 Schematic diagram of experimental setup for pressure leak test

(2) 실험 결과

Table1 은 헤머드릴을 온도와 사용시간에 따라 압력 누수를 측정한 값이다. 표에서 보듯이 50 시간동안 사용한 제품이 새제품보다 압력 누수에 걸리는 시간이 작고 온도가 높아지면 누수 시간에 늘어나는 것을 알 수 있다. 이는 제품을 사용할수록 압력 누수가 많아지고 이로 인하여 타격력의 저하를 일으킬 수 있다. 또한 제품 시동초기 보다 어느 정도 제품의 온도가 올라갔을 경우 누수가 적게 일어나는 것을 알 수 있다.

Table 1 Result of leak test

종류	30%(s)	50%	75%
50hr normal	23.59	47.76	94.94
50hr 120°C	42.74	105.24	193.04
NEW normal	76.91	123.44	213.85
NEW 120°C	58.88	113.17	225.75

2.4 댐퍼 성능 실험

각 헤머드릴에 장착된 댐퍼의 성능 테스트를 위하여 FRF 실험을 하였다. 이는 진동 감소의 정도를 알아보는 실험으로 댐퍼의 형상과 크기에 따라 그 정도가 다르다.

(1) 장치구성 및 실험 내용

Fig5 와 같이 방진테이블에 댐퍼가 들어갈 수 있을 만큼의 지그를 제작한 후 댐퍼의 아래 부분에 가속도 센서를 위 부분에는 헤머를 이용하여 FRF를 보았다.

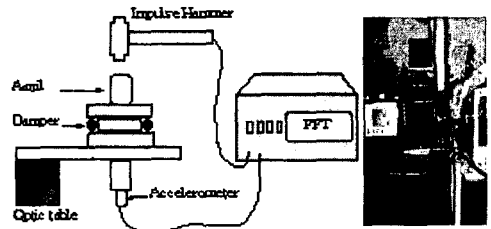


Fig.5 Schematic diagram of experimental setup for damper test

(2) 실험 결과

Fig.5는 Frequency Spectrum 으로 B,D 제품은 광폭 또는 이중 댐퍼를 이용했으며 Reduction 값이 다른 제품보다 월등히 우수하게 나타났다. 제품의 진동을 줄이려면 댐퍼의 진동 감쇄량을 늘려야 하며 이는 이중이나 광폭 댐퍼를 사용하는게 유리하다.

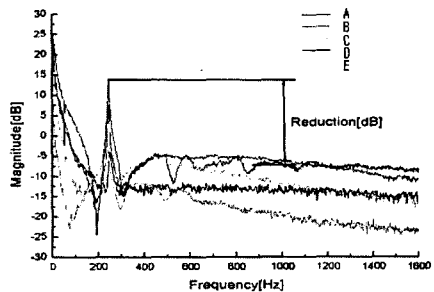


Fig.5 Plot of FRF test with dampers

3. 성능 평가 실험

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

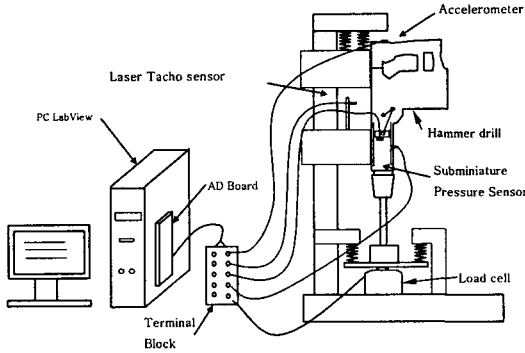


Fig.6 Schematic diagram of performance test

3.1 장치 구성 및 실험 내용

크랭크 행정 속도에 따른 데이터를 얻기 위해서 실린더 부근에 구멍을 뚫고 스와시 베어링 막대 부근에 반사테이프를 붙여 타코미터를 이용하여 측정하였다. 햄머드릴의 손잡이에는 반발가속도의 측정을 위해 가속도계를 장착하고 실린더 내부압력은 실린더 바닥에 미니 압력센서를 붙인 후 측정하였다. 타격력은 로드셀을 이용하였다.

각 센서에서 측정된 데이터들은 NI Terminal Block 을 통하여 모두 PC 내 NI6023E AD 보드에 모아진다. Data Process 및 Acquisiton 은 Labview7.0 프로그램을 이용했으며 실시간 모니터링과 레코딩 기능을 내장하고 있다.

3.2 실험 결과

Fig.7 은 타코 신호에 따른 반발 가속도와 타격력을 나타낸 그림이다. 타격점은 타코 신호 2 개 당 하나가 발생하며 이는 스와시 베어링의 위치가 실린더의 중앙에 위치해 있다는 것을 알 수 있다. 측정된 반발가속도와 타격력은 측정된 데이터의 Peak 값을 자동으로 평균하여 성능을 쉽게 평가할 수 있다.

Fig.8 은 타격력과 내부압력을 나타낸 그림이다. 최대 압력 지점에서 타격력 사이에 Delay 가 존재하며 이 값이 커지면 그만큼 실린더 내부압력으로 발생한 힘이 타격력에 전달되는 효율을 떨어트린다. 실린더-타격체 메커니즘의 개선과 Working hole 의 위치와 크기등을 변경시키며 최적의 값을 찾아내면 타격력을 상당히 높힐 수 있

을 것이다.

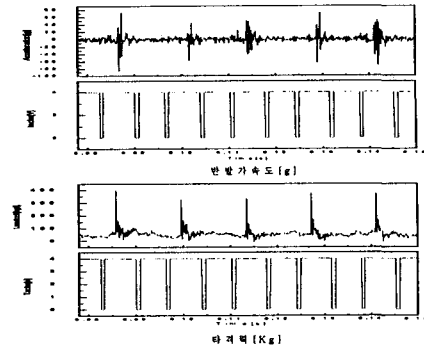


Fig.7 Plot of acceleration and strike force with tacho

4. 결론

충격햄머드릴 타격기구의 실험적인 연구를 통하여 반발계수, 윤활 및 마찰, 압력누수, 댐퍼 그리고 전체 성능에 대한 데이터를 얻을 수 있었고 이는 햄머드릴의 올바른 이해와 수치적인 해석의 밑거름이 될 수 있다.

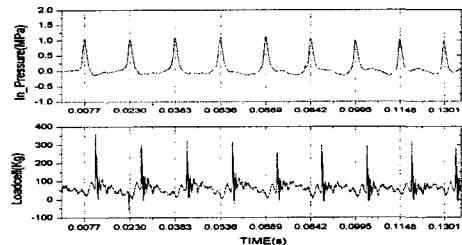


Fig.8 Plot of inner pressure and striker force

참고문헌

- (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) Mary, J. S., and William, B. S., 1997, Impact-Echo : Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, New York.