

# Ridge cut 폭발볼트 설계/해석 및 성능시험에 관한 연구

(The Study of Characterization, Interpretation and Design of Ridge Cut Explosive Bolt)

이 용 조

국방과학연구소 기술-4-7

(E-mail : yeungjolee@weppy.com)

고 폭약을 사용하는 방식은 볼트내부에서 형성되는 폭발에너지에 의해 볼트 벽이 파괴되면서 절단이 이루어지는 파열형 폭발볼트와, 다른 하나는 특정 부위에 노치(notch)나 리지(ridge)를 만들어서 화약폭발에 의해 생성된 충격파가 이 부위에서 상호작용을 일으켜 절단이 이루어지는 ridge cut 형태가 있다.

Ridge-cut 형태가 보다 기술이 발전된 폭발볼트로서 충격파의 상호작용을 이용하면 보다 적은 양의 화약으로 깨끗하고 재현성 있는 분리 면을 얻으면서, 분리 시 파편의 비산 위험을 줄일 수 있기 때문에 현재 많은 미사일 및 로켓 시스템에서 ridge-cut 형태의 폭발볼트를 사용하고 있다. 특히, 파열형 폭발볼트에 비해 폭발충격이 훨씬 작기 때문에 폭발볼트 주변의 중요한 장비들을 폭발충격으로부터 보호하기가 아주 쉬운 장점이 있다.

본 연구에서는 ridge-cut 폭발볼트의 설계 시 고려해야 할 인자들 즉, 볼트의 형상과 외경 크기, 화약량, ridge의 위치와 형상들에 대해 연구하였고, 설계에 대한 해석을 Autodyn을 이용하여 수행하였다. 또한 설계한 ridge-cut 폭발볼트를 제작하여 성능 특성 평가와 폭발충격량 측정 시험을 통하여 나온 결과 및 고찰을 정리하였다.

## ◆ 설계/해석

충격파 상호 작용에 따른 절단이나 균열 등이 생길 수 있는 부위를 예측하는 것은 필요하나 화약이 폭발된 후, 여러 가지 시간대에서의 폭발파(detonation front), 충격파(shock front), rarefaction파 위치를 알 수 있다. 화약 폭발에 의한 폭발파가 금속계면에 부딪히면 금속 내에서는 충격파가 발생되어 바깥쪽으로 움직이게 되고

이 충격파가 외부 자유 경계 면에 도달하게 되면 이와 동시에 rarefaction파가 충격파와 같은 속도를 가지고 반대 방향으로 움직이기 시작한다.

이와 같은 rarefaction 파는 화약을 중심으로 좌우 측에서 2개가 존재하게 되고 이것들은 일정한 선을 따라서 만나게 된다. 절단은 rarefaction파가 만나는 특정한 선에서 균열이 시작되어 이것이 화약이 충전되어 있던 공간에 도달하게 되면 완료된다. 이러한 특정한 선의 위치는 ridge의 위치나 각도에 따라서 달라진다. 한편 절단이 이루어지는 시점에 rarefaction파가 위치하는 선은 균열 즉, 파괴가 생길 수 있는 잠재적인 위치가 되며, 파괴여부는 화약의 크기, 외부 경계 면에서 충격파와 rarefaction파가 이루는 각도에 의존하게 된다.

본 연구에서는 파열형 폭발볼트와 ridge-cut 폭발볼트로 설계/해석 비교하였다.

설계한 ridge-cut 폭발볼트는 Autodyn 2000을 이용하여 해석을 수행하였고, 해석한 결과를 본 연구에서 종합 정리하였다. 그 결과 Autodyn 2000을 이용하여 폭발볼트 설계에 유용하게 적용시킬 수 있었다.

Ridge-cut 형태 폭발볼트 설계에서 볼트외경과 화약 충전 구멍의 크기, ridge의 위치, 형상 및 각도가 가장 중요한 인자가 된다. 또한 재료 내에서의 충격파 전파속도와 고 폭발의 폭발 속도로 고려한 방정식은 볼트의 형상을 결정하는 모든 인자를 포함하므로 설계에 유용하다고 판단된다.

#### ◆ 특성 성능시험 및 결과

수 차례 설계 변경을 하여 정확하게 리지가 형성되게 하는 설계 확인 시험과 화약량을 결정하기 위한 화약 성능 시험을 수행하였다. 시험 결과 화약량이 110mg (RDX)에서 개방상태나 구속상태에서 가장 좋은 현상이 나타났다.

또한 ridge-cut 폭발볼트에서 폭발충격 현상이 매우 중요하므로 파열형 폭발볼트와 폭발충격량을 비교하기 위한 폭발충격시험을 수행하였다. 그 결과 파열형 폭발볼트 보다 폭발충격량이 1/2 정도 감소되었고, 파편도 전혀 발생하지 않았다. 또한 ridge-cut 형태가 파열형 형태보다 분리 화약량도 1/3 정도 감소되게 설계할 수 있었다.