

Ball Type 분리볼트 개발

이용조

Development of Ball Type Separation Bolt

Yeung Jo Lee

ABSTRACT

Most of the guided weapons have been kept and transferred at the launching tube and fired in case of necessity in these day. Launching tube is a kind of case to protect the guided weapons from external environments and conducted as a guide when they are fired. When we attached the guided weapons to launching tube we usually has used explosive bolt. Explosive bolts have been used explosives when they had to be separated. But when they are separated there are some bad effects; a flame, fragments and pyro-shock. Because of these bad effects there are many restriction to use bolt as joining devices to precision guided weapons. To solve these problems we invented ball type bolt. Unlike explosive bolt, ball type bolt is separated without a flame, fragments and pyro-shock. And it also has a good mechanical properties as much as those of explosive bolt.

초 록

현재의 많은 유도무기들은 발사관에 장착되어 보관 및 이동되다가 필요시 발사된다. 발사관이란 유도탄 즉 미사일등이 외부환경에 노출되지 않도록 유도탄을 둘러싸고 있는 일종의 케이스이며 또한 유도탄 발사시 가이드 역할을 동시에 수행한다. 유도탄과 발사관을 연결하는 방법으로 흔히 사용되는 것으로 탄고정장치를 사용하는데 대표적인 파이프 부품이 폭발볼트이다. 폭발볼트는 화약의 폭발력에 의해 볼트몸체가 이등분됨으로써 볼트에 의해 결합되고 있던 부분이 분리된다. 하지만 기존의 폭발볼트는 분리시 파편, 화염 및 pyro-shock이라는 악작용을 수반하므로 사용상 제한을 가지고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 ball을 이용한 결합 분리장치 즉 ball type 분리볼트를 개발하게 되었다. 기존의 폭발볼트가 가졌던 기계적 우수성은 물론 분리시 파편, 화염 및 pyro-shock이 발생되지 않는 장점을 가지고 있는 것으로 판단된다.

Key Words: Pyro-Shock(충격파), Ball Type Separation Bolt(볼 타입 분리볼트), Ball(강구)

1. 서 론

* 국방과학연구소 1기술연구본부 6부
연락저자, e-mail yeungjolee@nate.com

지상, 함상, 또는 수중에서 발사되는 대부분의

유도무기들은 발사관에 장착된 채 운반 및 보관된다. 발사관이란 유도무기가 외부환경에 노출되지 않도록 밀폐된 구조를 가지고 있으며 또한 발사시 가이드역할을 수행하는 일종의 구조물이다. 이와 같은 역할을 수행하기 위하여 유도무기는 발사관에 견고하게 고정되어 있어야 한다. 기존의 탄고정장치로는 폭발볼트를 사용하는 것이었다. 폭발볼트는 외부형상은 일반 구조용 결합볼트와 동일하지만 볼트내부에 화약이 장착되어 있는 것이 다른 점이다. 폭발볼트가 수행하여야 할 기능은 운반 및 보관시에는 유도무기를 발사관에 고정시켜야 하며 발사시에는 발사관에서 유도무기를 분리시키는 것이다[1,2]. 폭발볼트의 분리는 볼트내부에 장착된 화약이 폭발하면서 발생한 화약의 힘으로 폭발볼트 몸체가 두개의 부분으로 분리되면서 일어난다[1]. 기능적 측면에서는 높은 신뢰도가 보장되지만 분리시 발생하는 화염, 미세한 파편 및 pyro-shock은 각종 전자장비 및 정밀 유도장치가 사용되는 유도무기에서는 사용에 많은 제약이 발생한다[1]. 이와 같은 이유로 폭발볼트의 단점을 보완하면서 동시에 기존의 폭발볼트가 가졌던 기계적 특성의 우수성 및 높은 분리 성능 신뢰도를 갖는 분리장치의 개발이 요구되었다. Ball type 분리볼트는 압력카트리지에서 발생하는 압력을 이용하여 분리되는 설계 구조이므로 분리시 파편의 생성이 없으며 또한 화염 및 pyro-shock이 발생되지 않는다. 향후 기존 분리화약을 사용하는 폭발볼트의 대체가 가능하다고 판단된다.

2. 개발현황

2.1 개발목적 및 배경

기존 폭발볼트의 역할을 동일하게 수행하며 단점인 분리시 발생하는 pyro-shock 및 파편의 악작용을 방지하며 우발 작동시 인체 및 기타 주변물체에 손상을 가하지 않는 분리장치의 개발에 있다.

단순히 압력카트리지의 압력을 이용한 non explosive pyrotechnics(비폭발 파이로장치)가 해외 선진국에서는 많이 사용되고 있으며 현재 당

소에서도 개발 중인 파이로볼트 및 파이로푸셔 등도 분리화약을 사용하지 않고, 압력카트리지의 작동에 의해 분리가 일어난다. 하지만 파이로볼트 및 파이로푸셔는 러시아 모델을 적용하여 그 부피가 상당히 크며 구성품이 복잡하여 제작 및 취급에 상당한 주의가 요구된다[3]. 또한 러시아 모델에 대한 Total Development Process(TDP)가 완전하지 못한 상태에서 개발이 진행되므로 시험 및 평가에도 많은 어려움이 있다. 이와 같은 상황에서 ball을 사용하여 분리볼트의 내부 구성품을 간단하게 만들 수 있고, 또한 기존의 파이로볼트에서와 같이 압력카트리지의 압력을 이용하여 새로운 개념의 ball type 분리볼트를 설계하게 되었다.

ball에 의한 결합/분리 구조를 인용하였고 압력카트리지에서 발생하는 압력이 구조물에 작용하는 메카니즘을 응용 하였다.

2.2 개발내역

가. 형상

형상은 Fig. 1과 같이 착화기, 볼트 몸체, 피스톤, ball로 구성되어 있음을 알 수 있다.

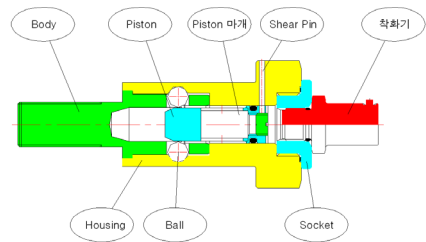


Fig. 1. Sketch of ball type bolt

나. 설계 개념

평상시에는 구속상태에 있다가 원하는 시점에서 전원인가시 착화기(압력카트리지) 작동에서발생시킨 압력을 이용하여 ball에 의해 결합되어진 볼트 나사부와 피스톤을 몸체에서 분리할 수 있는 설계이다.

다. Ball 위치 결정

정적해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 ball

에 압축응력이 가하여 졌을 경우 볼이 hole 밖으로 튕겨져 나가지 않고 안쪽으로 밀쳐 들어가는 위치를 결정하였다.

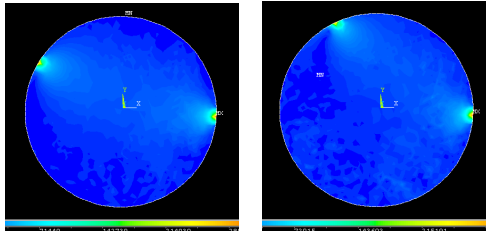


Fig. 2. Results of interpretation using ANSYS

해석결과 Fig. 2와 같이 볼의 오른쪽 중앙부위에 압축응력을 가했을 경우 볼이 맞닿는 왼쪽부위가 압축응력이 가해진 부위보다 위 일 경우 볼 하단부에 인장응력이 작용하여 볼이 아래로 내려가려는 응력이 발생하는 것을 확인하였다.

라. 동작 메카니즘

STEP 1 압력카트리지 점화	
점화 후 작용력 $F_1 = p_1 A_1 = 1107 \text{ kgf}$ 압력카트리지 점화시 17500psi @0.2cc(초기부피) 발생 A_1 : 압력이 작용하는 피스톤 단면 (0.9cm^2)	
STEP 2 분리시작 피스톤 이동(13.38mm)	
Shear pin 절단, 피스톤 이동 후 작용력 $F_2 = p_2 A_1 = 195 \text{ kgf}$ $p_2 = 1/6.3 p_1 = 2778\text{psi}$ ($V_2 = 6.3V_1$)	
STEP 3 분리진행	
STEP 4 분리완료 피스톤 이동(18.87mm)	
피스톤 이동 후 작용력 $F_3 = p_3 A_1 = 129 \text{ kgf}$ $p_3 = 1/8.6 p_1 = 2034\text{psi}$ ($V_3 = 8.6V_1$)	
STEP 5 분리완료 피스톤이동(25mm)	
완전 분리	

3. 분리볼트 분리력

3.1 볼트 몸체 분리력

분리볼트가 shear pin 절단, 볼 및 오링 마찰을 이기고 분리하는데 요구되는 힘을 정적시험(static test)을 통하여 구하였다. Shear pin만 절단하는데 필요한 힘은 30-32 kgf, 체결 토오크가 400 lbf-in인 경우 몸체 분리력은 최소 42 kgf에서 최대 60 kgf이었다.

3.2 분리조건

SB=분리볼트(착화기)분리력

F_{ball} =Ball의 friction force

F_{O-ring} =O-ring friction force

F_{sp} =Shear pin cutting force

$F_{sep} = F_{sp} + F_{ball} + F_{O-ring}$

$F_{S\text{태}}$: 볼트 몸체 분리력

분리 -> $SB > F_{sep}$

미분리 -> $SB < F_{sep}$

3.3 착화기 작동력

pc-350 착화기 작동에 의한 발생 압력 (10cc)은 Fig. 3과 같이 340 psi - 430 psi 정도가 나타난다.

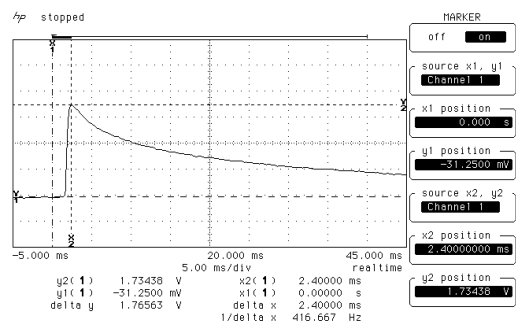


Fig. 3. Pressure curve of pc350 initiator

분리볼트의 분리시간은 압력카트리지의 최대 압 도달시간과 일치한다. 즉 5msec 이내에 분리가 이루어지기 때문에 시간에 따른 압력카트리지의 압력 손실은 무시할 수 있다.

3.4 시험 결과 분석

가 착화기 작동력

pc-350, 800, 100, 1400 착화기에서 발생하는 작동력은 아래와 같다

$$SE_{\max} = 280 \sim 310 \text{ kgf (pc-350 착화기)}$$

$$SE_{\max} = 650 \sim 700 \text{ kgf (pc-800 착화기)}$$

$$SE_{\max} = 650 \sim 800 \text{ kgf (pc-1000 착화기)}$$

$$SE_{\max} = 1050 \sim 1100 \text{ kgf (pc-1400 착화기)}$$

체결 토오크 400 - 800 lbf-in 체결시 볼트 몸체분리에 요구되는 분리력은 아래와 같다.

$$F_{\text{sep}} = 42 \sim 60 \text{ kgf (400 lbf in)}$$

$$F_{\text{sep}} = 72 \sim 90 \text{ kgf (600lbf in)}$$

$$F_{\text{sep}} = 102 \sim 113 \text{ kgf (800lb-in)}$$

나. 분리력 분석

착화기에 의한 발생 작동력은 280 kgf ~ 310 kgf이며, 체계시험에서 분리에 요구되는 힘은 42 ~ 60 kgf로써 과토크 장착에 따른 감소력을 고려하여 분리력 안전율은 약 5.0정도로 표현할 수 있음.

4. 향후 계획

폭발볼트의 대응으로 사용가능한 분리장치가 될 수 있도록 하기 위하여 다양한 환경에서도 분리성능의 신뢰성을 갖도록 환경시험을 수행할 예정이며 또한 볼과 볼트 몸체가 포인트 접촉으로 구성되어 있어 구조하중 측면의 해석 및 검증절차가 필요함. 폭발볼트처럼 다양한 형상 및 크기의 제품을 개발 할 수 있을것으로 판단됨.

참 고 문 헌

1. 이용조, 김동진, 해석프로시저를 이용한 리치 컷형 폭발볼트 분리기구 해석, 한국추진공학 회지, 제8권 2호, 2004, pp. 102-104
2. Brauer, K. O., Handbook of Pyrotechnics, Chemical Publishing Co. Inc., New York, 1974, pp119-128
3. 이용조, 파이로볼트 연구 개발보고서, TRDC-519-050120, 2005