

폭발볼트 몸체 물성의 신뢰성 향상 연구

이용조* · 김동진** · 강원규**

A Study of Reliability Improvement for Mechanical Property of Explosive Bolt Body

YeungJo Lee* · DongJin Kim** · WonKyu Kang**

ABSTRACT

The present work has been studied the reliability improvement of inspection method for explosive bolt body. The standard value of impact test is made from impact test of explosive bolt body and a useful data is established to the correlation between the hardness and impact data of bolt body. The method is overcome an error obtained from conventional inspection by analysing the mechanical data from each inspection and can be improved to the reliability when mechanical property of explosive bolt body is inspected.

초 록

본 연구는 지금까지 수행되어진 폭발볼트 몸체에 대한 검사방법의 신뢰성을 향상시키고 또한 각각의 검사에서 얻어진 기계적 물성수치의 비교 분석을 가능하게 함으로써 검사할 때 발생될 수 있는 착오 및 일반적인 방법만으로는 검사할 수 없는 부분들의 검사 방법을 확보하는데 있다. 볼트 몸체 검사를 위한 충격시험에 대한 충격치 기준을 마련하였으며 경도와 충격치와의 상관관계를 확인함으로써 검사항목간의 상호 확인이 가능하게 되었고, 폭발볼트 소재물성의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

Key Words: Explosive Bolt(폭발볼트), Impact Test(충격시험), Hardness(경도), Interpretation(해석)

1. 서 론

폭발볼트란 화약의 폭발력에 의해 결합되어진 두 개의 구조물을 분리 또는 방출하는 파이

로테크닉 장치이다. 주로 우주선, 미사일, 항공기, 수중 수송 시스템에서 발사작동, 단 분리, 외부 탱크 방출, 추력이 소모된 모타 분리 등 많은 부분에 다양하게 사용되고 있다¹⁾.

폭발볼트는 볼트몸체, 착화장치, 연결화약, 연결슬리브 및 주장약으로 구성되어 있다. 이 모든 구성품은 볼트의 전반적인 분리현상에 관

* 국방과학연구소 추진기관부 책임연구원
** 한화 중앙연구소 선임연구원
연락처, E-mail: yeungjolee@nate.com

여되어 있으며 만약 각각의 구성품이 정해진 역할을 수행하지 못할 경우 폭발볼트의 분리는 일어나지 않거나 의도되지 않은 분리가 일어나게 된다. 따라서 각각의 구성품에 대한 시험 전 검사단계에서의 철저한 검증이 이루어져야 하며 그 결과를 수치적으로 기록하여 보관하여야만 폭발볼트에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

본 연구는 지금까지 수행되어진 폭발볼트 몸체에 대한 검사 방법의 신뢰성을 향상시키고 또한 각각의 검사에서 얻어진 물성수치의 비교 분석을 가능하게 함으로써 검사할 때 발생될 수 있는 착오 및 일반적인 방법만으로는 검사할 수 없는 부분들의 검사 방법을 확보하는데 있다.

현재 수행되고 있는 폭발볼트 몸체 검사항목은 볼트 몸체의 외형에 대한 치수검사와 볼트 몸체의 경도 그리고 화학적 성분검사 및 기계적 검사인 인장 및 항복강도 이다. 일반적으로 화학적 성분검사는 볼트 몸체 가공 전 소재 상태에서 분석되어지며 기계적 물성 검사 또한 샘플링 테스트가 아닌 검사장비의 시험편 형상으로 재 가공된 소재를 사용하여 실시하고 있다. 이와 같이 볼트 몸체 완전 가공한 후 행하여지는 검사는 단순 치수검사 및 경도검사가 전부 이었다.

· 볼트 몸체에 대한 검사 신뢰성을 향상하기 위하여 추가적인 검사 방법이 요구되었으며 이를 해결하기 위하여 충격시험기를 이용한 충격량(Impact Toughness) 측정 시험을 수행하였다.

충격시험을 볼트 몸체에 직접 적용하기 위하여 충격시험기에서 요구하는 시험편의 형상을 모사하여 제작 가능한 시험편을 최적화하는 시험들을 수행하였다. 시험편 형상은 시험편 길이, 썬기 위치, 지름 등 여러 가지 인자를 변수로 하여 최적화 하였고, 최적화 수행 방법은 각각의 인자에 대한 기준 시료를 제작하여 충격량 측정시험을 통하여 충격량을 모델별로 측정하고 이와 동시에 각각의 기준시료에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 응력 집중 및 크기를 실제 충격량 시험을 통한 수치와 비교 분석함으로써 최적화 작업을 가져올 수 있었다.

본 연구에서는 볼트 몸체 검사를 위한 충격 시험에 대한 충격치 기준을 마련하였고 경도와 충격치와의 상관관계를 확인함으로써 검사항목 간의 상호 물성 확인이 가능케 되었고, 또한 이와 같은 시도는 폭발볼트 몸체 소재물성의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 시험방법

폭발볼트 몸체의 충격량 측정을 위하여 사용된 충격시험기는 샤프 형태로 시편 지지대 상부에 Pendulum Hammer, Pendulum 축이 부착되어 Hammer가 단일 충격으로 시편을 파단 후 눈금판에 직접 충격치를 읽을 수 있는 구조로 되어있다. 이와 같은 시험기에 볼트 몸체를 직접 적용하기 위하여 충격시험기에서 요구하는 시험편의 형상을 모사하여 제작 가능한 시험편을 최적화 하였다.

시험편 형상은 Fig. 1과 같이 구성되어 있고, 시험편 길이, 썬기 위치, 지름 등 여러 가지 인자를 변수로 하여 최적화 시험을 수행하였다 Table 1은 충격시험편을 최적화하기 위해 사용한 시험편에 대한 시험결과가 잘 설명되어 있다 .

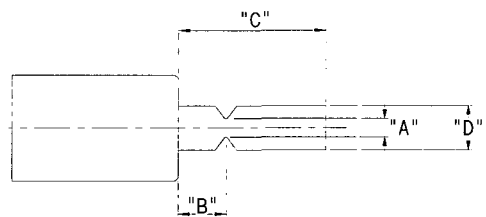


Fig. 1 Sample specification using impact test

최적화 수행 방법은 각각의 인자에 대한 기준 시료를 제작하여 충격량 측정시험을 통하여 모델별로 충격량을 측정하고, 이와 동시에 각각의 기준시료에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 응력 집중 및 크기를 실제 충격량 시험을 통한 결과 수치와 비교 분석 하였다.

Table 1과 같이 A, B, C, D 설계변수에 따른 충격인성 값을 정적해석 프로그램 Ansys 9.0을

이용하여 해석하였다. 충격량에 따른 구조물의 응력분포를 파악하기 위해 가해지는 힘은 10⁵ N을 가하였고, 힘이 가해지는 위치는 Fig. 2 에서와 같이 시료 윗부분에서 2mm(=d) 간격을 두었다. 경계조건은 바이스로 고정시키므로 완전구속을 적용하였다. 해석은 2D 단면에 대해 수행하였고, 적용요소는 Solid에 대한 2D 요소인 Plane 82를 사용하였다.

Table 1. Test specimens for optimum condition

조건	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	
1	2.5	2	6	5	
2				6	
3			7	5	
4				6	
5		3	6	7	5
6					6
7			7	5	
8				6	

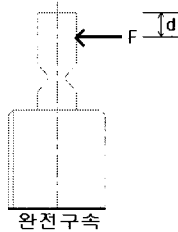


Fig. 2 Method of impact test

시험편 형상 결정 후 각 경도별 충격량 비교 평가를 위하여 동일한 시험편에 여러 가지 경도가 나오도록 열처리한 후 충격량 측정시험을 실시하여 경도별 충격량 기준을 마련하였다.

3. 시험 결과

충격시험 결과는 Table 2에 나타내고 있는 것 같이 조건 1, 4, 8에서 표준편차가 가장 적게 나타났다. 세 조건의 시편을 재시험하여 가장 표준편차가 적게 나오는 시편이 4번 조건이라는 것을 확인하였다. 4번 시편 조건을 서로 다르게

열처리하여 현재 폭발볼트가 많이 사용하는 경도값 31, 38, 45에 맞추어 충격시험을 수행하였다. 시험결과는 Table 3에 나타나 있다.

Table 2. Impact results in different specimen conditions

조건	경도	최대값	최소값	평균	표준편차
1	44.8	27.6	27.4	26.9	0.47958
2	44.7	51	45.6	49.08	2.26097
3	45.0	36	27	33.6	3.747
4	44.5	47.7	45.5	46.84	0.80808
5	45.1	59.8	54.6	56.66	1.97687
6	45.2	54.6	49.2	51.48	2.37739
7	44.9	59	49.8	54.6	4.56289
8	45.1	47.4	45	46.76	1.00399

Table 3. Impact results of different hardness in condition 4

조건	경도	최대값	최소값	평균	표준편차
4	31	27.1	25.8	26.8	0.6023
4	38	37.8	34.9	36.4	0.8921
4	45	46.2	44.1	45.8	1.0008

시험결과에서 경도값이 증가되면 충격값이 증가됨을 알 수 있었고, 경도값이 일정하더라도, 충격값이 정해진 일정한 값이 나오지 않을 경우 다시 검사를 하면 몸체의 물성을 좀 더 정확하게 알 수 있을 것이다. 충격시험시 각각 조건에 가해지는 응력분포를 정확하게 분석하기 위해 Ansys 프로그램을 이용하여 해석하였는데, 각 조건들의 응력분포 결과는 Table 4와 같이 나타내고 있다.

Table 4. The distribution of stress in different specimen condition

조건	A	B	C	D	Max.Stress (GPa)	노치부분 Stress (GPa)	
1	2.5	2	6	5	3.41	0.72	
6				5.25	0.73		
7			5	3.41	1.06		
6			6	3.40	1.07		
5		3	6	7	5	3.59	0.384
6					8.16	0.4	
7			7	5	3.5	0.726	
6				6	3.4	0.727	

해석결과는 그림 3과 같이 나타내고 있다. 해석결과를 보면 조건 1에서 조건 4에 대한 노치부분의 응력값이 조건 5에서 조건 8에 비해 크다. 이는 조건 1에서 조건 4가 바이스로 고정된 완전구속부분에서 노치부분까지의 거리가 짧기 때문에 반력 모멘트의 영향을 더 크게 받은 것으로 판단된다. 또한, 설계변수 D, 즉 시료 직경에 따라 노치부분의 응력값은 큰 차이가 없었으나, 직경이 클수록 응력이 다소 증가하는 것으로 나타났다. 조건 4에 대해 노치부분의 round를 0.4mm, 0.5mm, 0.6mm 부여하여 해석한 결과(Table 5) round를 주지 않은 경우에 비해 응력집중도가 떨어짐을 알 수 있었다. 따라서, 노치부분 가공시 주의가 요구된다. 해석결과와 실제 충격시험 결과와 비교해보면 비교적 일치하고 있어, 조건 4에서 각 경도별 규격 충격값을 정해 놓으면 실지로 볼트 몸체 검사시 그 범위에서 벗어나는 시편을 찾아낼 수 있을 것이다.

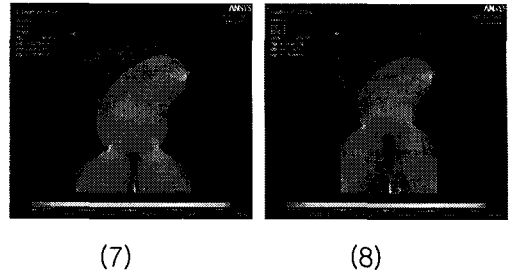


Fig. 3 Interpretation results of different specimen conditions

Table 5. Impact results depend on machining process in notch

번호	r 값	Max.St (GPa)	노치부분 Stress (GPa)
1	0.4	3.34	0.366
2	0.5	3.36	0.308
3	0.6	3.34	0.266

4. 결론

본 연구는 지금까지 수행되어진 폭발볼트 몸체에 대한 검사방법의 신뢰성을 향상시키고 또한 각각의 검사에서 얻어진 수치의 비교 분석을 가능하게 함으로써 검사할 때 발생될 수 있는 착오 및 일반적인 방법만으로는 검사할 수 없는 부분들의 검사 방법을 확보하는데 있다. 볼트 몸체 검사를 위한 충격시험에 대한 충격치 기준을 마련하였으며 경도와 충격치와의 상관관계를 확인함으로써 검사항목간의 상호 확인이 가능하게 되었고, 폭발볼트 소재물성의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Brauer, K. O., Handbook of Pyrotechnics, Chemical Publishing Co. Inc., New York, 1974, pp119-128

