볼트 몸체 팽창률 제어를 통한 풀림방지볼트 개발

김동진* · 이응조** · 이정복*** · 김영우****

The Invention of Non-Release bolt by controlling expansion rate of bolt body

Dongjin Kim* · Yeungjo Lee** · Jungbok Lee*** · Youngwoo Kim****

ABSTRACT

In this study, we demonstrated a development of a non-releasing bolt which is fastened with a target by expanding a certain area of a bolt body. Being released a bolt causes many problems in a field where bolts are used. In order to figure out the problems, currently, many types of a non-releasing bolt have been developed and have been using. Unfortunately, however, they do not perfectly function not to be released. Therefore, the structures builded with bolts have many problems caused by external stress such as vibration and shock, and thus the bolts have to be regularly tightened for maintenance.

With the important factors of internal geometry, the amount of explosive, and the firing pin, we developed a technology which could control the expansion degree of a certain area on a bolt body. Based on the results, it was founded that the performance of non-releasing was linearly proportional to the degree of body expansion.

초 록

볼트 몸체의 특정부위를 팽창시켜 결합된 상대물과의 압착을 통해 풀림이 방지되는 볼트를 개발하였다. 볼트 풀림현상은 볼트가 사용되는 분야에서 많은 문제점을 일으켜왔다. 이를 해결하기 위하여 현재 여러 종류의 풀림방지 장치가 개발되어 사용되고 있지만 완벽한 풀림방지기능을 갖는 것은 개발되지 못했다. 이와 같은 문제로 볼트가 적용된 구조물들은 진동, 충격 등의 외부 하중에 의해 풀림이 발생되었고 이를 유지보수하기 위하여 일정 기간마다 다시 조여주어야만 했다.

본 연구는 볼트 내부 형상, 화약량, 공이뭉치를 설계인자로 하여 볼트 몸체 특정부위의 팽창을 조절할 수 있는 기술을 확보하였으며 팽창률에 따른 풀림방지 성능이 선형 비례한다는 것을 확인하였다. 따라서 현장에서 사용될 때 요구되는 풀림 방지기능을 팽창률 제어를 통해 만족시킬 수 있는 풀림방지 볼트를 개발하게 되었다.

Key Words: Non-release bolt(풀림방지볼트)

* 한화 종합연구소 기술2실
** 국방과학연구소 1본부6부
*** 한화 종합연구소 기술2실
**** 민군겸용기술센터
연락저자, E-mail: gudcjfdl@hanwha.co.kr

1. 서 론

화약 폭발력을 이용하여 볼트 몸체의 특정부

위를 팽창시켜 풀림을 방지하는 볼트는 기존의 풀림방지장치로 해결이 안되는 분야에 적용하기 위하여 개발되었다.

최근의 구조물들은 거대화 추세에 있으며 따라서 자중이 작고 강성이 큰 강구조물로 많이 건설되고 있다. 이와 같은 강구조물에 가장 많이 사용되는 결합방법이 볼트이다. 하지만 볼트의 풀림문제로 사용하는데 많은 제약이 따른다. 볼트의 풀림문제가 발생되지 않으면 볼트 결합의 치명적 약점이 해결되고 이로 인한 볼트 사용기회가 많아지며 용접 및 리벳방식으로 구조물을 결합하던 방식이 볼트 결합으로 바뀔 수도 있게 된다. 사용중 받게 되는 진동이나 충격과 같은 외부 환경에 의한 풀림은 방지되면서 유지 보수시 볼트 해체가 가능하도록 풀림토오크 값을 제어 할 수 있는 풀림방지 볼트의 요구를 충족하기 위해 본 볼트를 개발하게 되었다.

2. 볼트 구조 및 원리

2.1 볼트 구조

풀림방지 기능을 가진 부분이 볼트몸체 내부에 위치하고 있어 기존의 볼트 외형과는 동일하다. 볼트 내부 나사를 기준으로 하여 M10, M20 두가지 모델을 개발하였다. M10은 볼트 몸체의 중앙부에 화약을 충전하여 폭발시키는 구조이며, M20은 볼트 나사부에 편심으로 홀을 뚫어 화약을 충전하는 원리이다. Fig. 1은 M10의 형상이고 Fig. 2는 M20 형상이다.

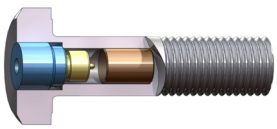

Fig. 1 Configuration of M10

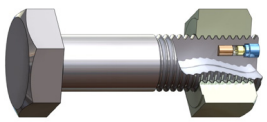

Fig. 2 Configuration of M20

즉, 볼트몸체와 화약 그리고 화약을 기폭시키는 공이뭉치로 구성되어 있다.

2.2 작동원리

본 풀림방지볼트는 기존의 다른 풀림방지장치와는 달리 풀림방지를 위한 부가적인 부품이 소요되지 않는다. 볼트 내부에 충전된 화약이 폭발하면서 발생되는 에너지가 볼트몸체의 일부를 팽창시켜 상대물의 나사부와 압착시킨다. Fig. 3, Fig. 4는 팽창 전.후 볼트 몸체의 형상이다.

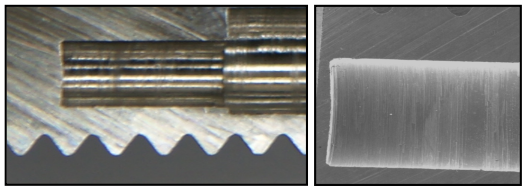

Fig. 3 Before of expansion

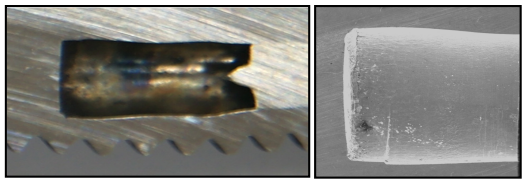

Fig. 4 After of expansion

팽창 전.후의 내부 홀의 직경을 비교하면 최대 33%까지 팽창된 것을 확인할 수 있었다.

3. 볼트몸체 팽창률 제어

3.1 볼트내부 형상에 의한 팽창률

볼트몸체의 팽창률을 제어하는 인자는 볼트재질, 경도, 형상, 화약종류, 화약량, 충전위치, 충전압력, 공이뭉치 형상 및 재질 등 다양하다. 하지만 본 개발에서는 볼트 재질과 화약종류, 충전압력, 충전위치를 결정하고 나머지 인자를 조합하여 팽창률을 제어할 수 있는 기술을 획득했다. Fig. 5는 볼트 몸체의 내부 형상에 따른 동일 조건의 화약량과 공이뭉치를 사용하였을 경우의 팽창률이다.

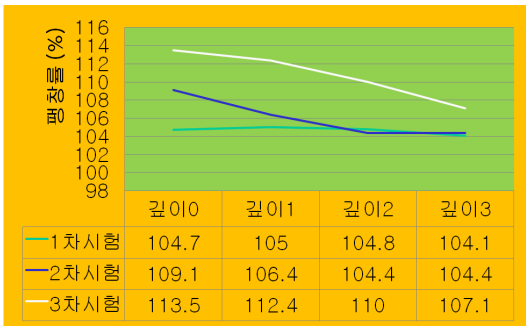

Fig. 5 Expansion rate depending on shape of inner body

3.2 화약량에 의한 팽창률

직경 24mm 고장력 볼트를 이용하여 약량별 팽창률을 확인하였다. 표1에서 보듯이 일정 화약량 이하일 경우 부피 팽창이 일어나지 않았다.

Table 1 The expansion rate depending on weight of explosives

번호	화약량	작동후 외경	팽창률(%)
1	a	23.96	변화없음
2	a	23.98	변화없음
3	b	24.51	2.1
4	b	24.68	2.8
5	c	24.72	3.0

이는 볼트 몸체 재질의 특성으로 부피 팽창이 일어나는 화약량 이상일 경우 화약량에 비례하여 부피가 팽창되는 것을 확인할 수 있다. 고장력볼트의 경우 강도가 매우 높아 일반 steel 재질의 볼트에 비해 팽창률이 상대적으로 작았다.

4. 풀림방지 성능 측정

4.1 팽창률에 따른 풀림 토오크 값 측정

설계인자 조건에 따른 볼트몸체의 팽창률을 확인하고 팽창률에 따른 풀림 토오크를 측정함으로써 팽창률과 풀림토오크값의 관계를 확인하였다. 시험방법은 M10 토오크렌치를 이용하여 측정하였으며 KS B 0551의 최소파괴토크값(673kg-cm)의 규격치를 만족하였다. 또한 팽창률에 따른 풀림토오크값의 관계가 선형적 비례관계를 나타내어 팽창률제어를 통한 풀림토오크값 제시가 가능하다는 것을 확인하였다. Fig. 6 그래프는 형상별 팽창률에 따른 풀림 토오크 측정값이다. 이 그래프에 나타낸 풀림 토오크값의 기준은 기존의 볼트와는 다르다. 기존의 볼트는 최대 토오크를 가하여 일단 풀릴 경우 볼트와 너트의 형상이 유지되면서 풀리지만 팽창에 의해 풀림이 방지된 볼트는 최대 토오크 값이 가해진 뒤에도 원활한 풀림이 이루어지지 않고 계속해서 힘을 가해야 한다.

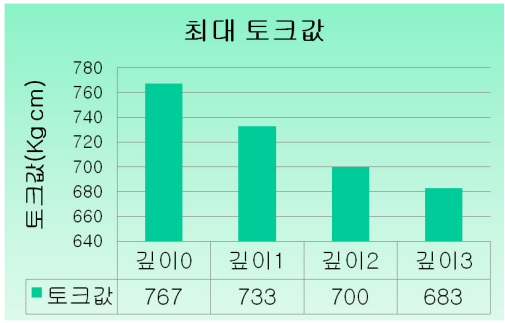

Fig. 6 Graph of release Torque

4.2 시험규격에 의한 풀림방지 성능시험

기존 풀림방지 장치와의 성능비교를 위하여 현재 풀림방지성능에 대한 가장 보편적으로 적용되는 시험규격인 NAS 3350과 KS R9168로 시험을 진행하였다. Fig. 7은 M10의 NAS 3350규격에 의한 시험 전후 사진이며 Fig. 8은 M20의 NAS 3350 규격에 의한 시험 전후 사진이다. 시험결과 볼트 풀림현상이 발생하지 않았음을 확인하였다.

Fig. 7 Before and After Test of M10

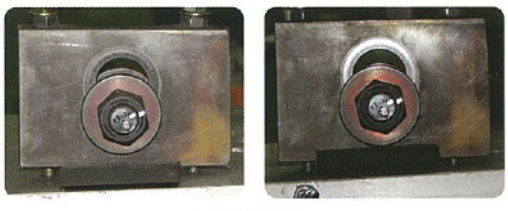

Fig. 8 Before and After Test of M20

KS R9168은 NAS 3350보다 더욱 악조건의 진동 규격으로써 주로 철도 레일 결합 성능확인에 사용되는 규격이다. M20 볼트의 적용 분야 가운데 하나인 철도 레일용 규격을 만족하기 위하여 시험을 수행하였으며 Fig. 9 처럼 시험 후 풀림이 발생되지 않았다.

Fig. 9 After KS R9186 test of M20

5. 작동 전 후 볼트몸체 특성 평가

5.1 경도변화

폭발에 의한 변형으로 인해 야기되는 경도 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 폭발 전 볼트의 경도는 305HV를 가졌으나, 폭발 후 볼트 길이방향의 공극 인접부 평균 경도는 326HV로 약 7% 상승하였다. 그리고 폭발 후 변경이 집중된 공극 안쪽 부분에 대한 폭방향으로의 평균 경도는 320HV 정도로 약 5% 가량 증가하였다. 따라서, 폭발에 의한 변형으로 인해 공극 주변부가 폭발 전 대비 5~7% 경도 상승하였으며, 위치에 따른 경도의 편차 없이 균일한 경도 상승을 보였다.

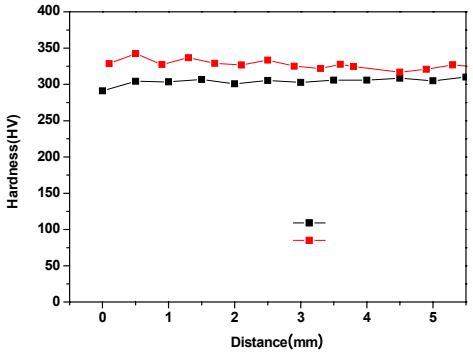

Fig. 10 Hardness profile

5. 결 론

볼트 몸체의 팽창률을 볼트 몸체의 형상과 화약량 및 공이뭉치의 설계인자들을 통하여 조절할 수 있는 기술을 확보하였다. 팽창률은 볼트 풀림 토오크 값과 선형 비례관계에 있다는 것을 시험을 통해 확인하였으며 이는 볼트가 실제 사용되는 현장에서 요구되는 풀림토오크 값을 갖는 볼트를 제공할 수 있다.

후 기

본 연구는 민·군겸용기술사업(Dual Use Technology Program)의 지원을 받아 수행하였습니다.