

사격시험 결과에 따른 정밀 유도무기 발사성능 개선에 관한 연구

서보길*, 최낙선, 윤영호
국방기술품질원

A Study on Improvement of Launch Performance for Precision Guided Missile by Live-fire test results

Bo-Gil Seo*, Nak-Sun Choi, Young Ho Yoon
Defence agency for Technology and Quality(DTaQ)

요약 양산되어 군에 전력화되는 정밀 유도무기의 경우, 장기 저장된 이후 사격시험을 수행함으로써 최종 성능을 확인할 수 있는 특성을 가지고 있다. 현재 군에서 운용되고 있는 OO 유도무기 또한 군 전력화 이후 실사격 시험을 통하여 유도무기의 성능 및 신뢰도를 지속적으로 확인하고 있다. 특히, '00년 군 주관 실 사격시험에서는 유도무기 발사관 전방 덮개조립체 구성품인 '링, 지지용'이 유도무기가 발사되는 과정에서 추진 날개에 걸려 함께 이탈한 결과가 확인되었고, 이는 추진 날개 전개를 방해하여 유도무기 비행 성능에 영향을 주었다. 이 결과를 기반으로 기존 실 사격시험을 성공한 유도무기 발사관을 조사한 결과, '링, 지지용'의 발사관 이격 현상이 확인되어 '링, 지지용' 이격/이탈 현상에 대한 근본적인 해결 방안 수립 필요성을 인지하게 되었다. 본 연구는 실 사격시험 결과로부터 도출된 유도무기 발사성능 개선사항을 제시하고, 이를 OO 유도무기에 적용하여 최종적인 발사성능 개선 효과 및 시험결과를 소개한다.

Abstract Precision Guided Missiles after production and militarization have various characteristics that enable the final performance to be identified by conducting live-fire tests after long-term storage. Likewise, the performance and reliability of OO Missiles, which are currently used by the Korean Navy, are also verified consistently by conducting live-fire tests after militarization. Specially, the live fire test at '00 year, which was conducted by Korean Navy, showed the result that 'Ring', which is a component of the canister's front cover, was jammed with wings for propulsion and then broke away from the canister during the missile launch process. This situation led to an interruption of the deployment of wings and finally affected the missile's flight performance. The results of a survey of the canisters of those missiles whose live fire tests were conducted successfully, based on the live fire test at '00 year, showed the 'Ring's separation from canisters. This raises recognition for the need to solve the problems of 'Ring's separation and breakaway. This study suggests an improvement derived by the result of live-fire tests and introduces the effect of final launch performance of OO Missiles and test result after applying the improvement.

Keywords : Precision Guided Missile, Live-Fire Test, Launch, Improvement, Cover, Canister

1. 서론

정밀 유도무기는 양산되어 군에 납품된 이후 유도무기

플랫폼에 탑재되거나 저장고에 장기 저장되는데, 이렇게
장기 저장된 정밀 유도무기는 실제 사격시험을 수행하고
그 결과를 확인해야만 최종 성능을 판단할 수 있는 특성

*Corresponding Author : Bo-Gil Seo(Defence agency for Technology and Quality)

email: bogilsmart@dtaq.re.kr

Received July 24, 2019

Accepted September 6, 2019

Revised August 20, 2019

Published September 30, 2019

이 있다[1]. 이러한 특성을 고려하여 군에서는 OO 유도 무기를 야전에 실전 배치 후 군 주관으로 지속적인 연례 실 사격시험을 통하여 유도무기 성능을 매년 입증해나가고 있다[2].

이러한 유도무기 실 사격시험은 단순히 유도무기의 최종 성능 확인에 그치지 않고, 사격시험 결과를 활용하여 유도무기 성능 향상을 위한 개선사항을 도출할 수 있다. 특히, '00년 실 사격시험에서는 Fig. 1과 같이 유도무기 발사관 전방 덮개조립체 구성품인 '링, 지지용'이 유도무기가 발사관을 이탈할 시 유도무기 추진 날개에 걸려 함께 이탈한 결과를 확인하였다.

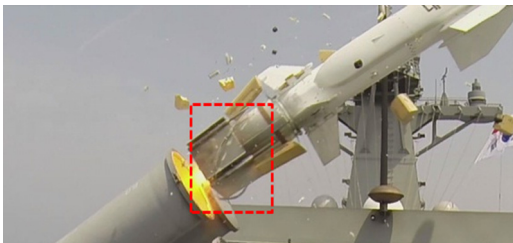


Fig. 1. A result of live-fire test('00 year)

또한, 군에서 실 사격시험을 수행하여 성공한 타년도 OO 유도무기 발사관 확인결과, Fig. 2와 같이 발사관 전방 덮개조립체 구성품인 '링, 지지용'이 발사관으로부터 이탈하지는 않았으나, 발사관으로부터 이격 현상이 확인되어 '00년 실 사격시험 결과와 동일한 이탈 현상으로 이어질 잠재적 위험성이 있음을 확인하였다.

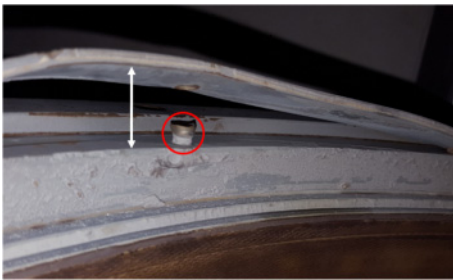


Fig. 2. A result of live-fire test('00 year)

본 연구에서는 OO 유도무기 실 사격시험 결과를 바탕으로 이격 및 이탈 현상이 확인된 발사관 덮개조립체 구성품 '링, 지지용' 강도 보강과 체결부품(인서트 및 체결류)의 신뢰도 향상을 포함한 발사관 덮개조립체의 성능을 개선하였고, 이를 통하여 덮개조립체 구성품인 '링,

지지용' 이격 및 이탈 현상에 대한 잠재적인 위험을 제거하여 최종적으로 유도무기 발사성능 향상 방안을 제안한다.

2. 본론

2.1 관련 연구

정밀 유도무기는 개발, 양산, 운영유지 단계에서 지속적인 사격시험 수행을 통하여 고장 원인을 발견하고, 시험 중 발견된 고장을 분석하여 개선방안을 도출함으로써 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 이처럼 시험, 분석, 개선을 통하여 무기체계의 신뢰성이 시간에 따라 점진적으로 개선되는 것을 신뢰도 성장(Reliability Growth)이라고 한다[3]. 실제로도 국내에서는 무기체계 신뢰성 향상을 위하여 사격시험을 통하여 고장 식별, 원인 분석, 개선방안 도출, 재 사격시험을 통한 개선방안을 입증하는 방법으로서의 성능 개선 활동이 수행되고 있다[4-5]. 기존 관련 연구와 사격시험결과에 따른 개선 사례를 종합한 사격시험 결과에 따른 정밀 유도무기 개선 연구 모형은 Fig. 3과 같다.

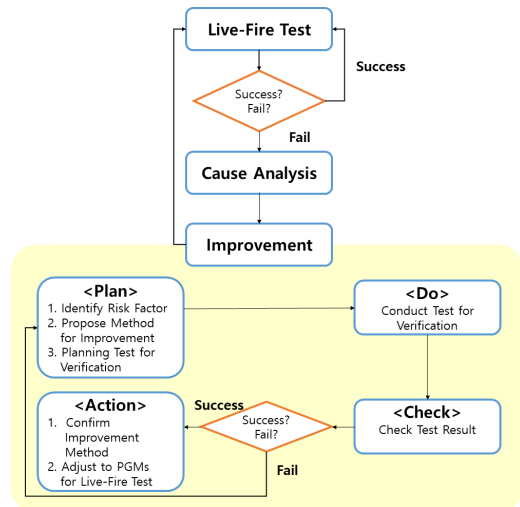


Fig. 3. Model for Improvement process of PGMs using Live-fire test result

양산되어 군에 전력화된 정밀 유도무기는 실 사격시험 수행 결과 합격인 경우 현재 수준을 유지하고 차기 사격시험을 준비한다. 불합격인 경우 원인 분석과 분석결과에 따른 개선 활동을 수행하게 된다. 개선 활동은 원인 분석 결과 확인된 불명중 위험요소 식별, 위험요소 제거를 위

한 개선방안 도출, 개선방안 검증을 위한 시험계획 수립 활동이 포함된 계획단계, 개선방안 검증 시험을 수행하는 단계, 검증 시험결과를 확인하는 단계, 개선방안을 확정하고 적용하는 단계로 구성되며, 검증 시험결과 불합격한 경우 개선 계획을 재수립하게 된다. 최종 확정된 개선방안이 적용된 정밀 유도무기는 실 사격시험을 재수행하게 되며 수행결과 개선 성능을 최종 확인하게 된다.

2.2 개선계획 수립

2.2.1 위험식별

유도무기 발사관 전/후방에 조립되는 덮개조립체는 일반적으로 발사관과 더불어 외부 환경요인으로부터 발사관 내부에 저장된 유도무기를 보호하기 위하여 밀폐 성능을 가지며, 유도무기 발사 시 발생하는 발사관 내부 압력에 의하여 덮개조립체가 파단될 시 화염 역류를 일으키지 않는 상태에서 발사관으로부터 분리되어야 한다. 또한, 인접한 타 유도무기가 발사될 경우 발생하는 외압으로부터 발사관에 저장된 유도무기를 충분히 보호할 수 있어야 하며, 유도무기가 발사되는 과정에서 전방 덮개조립체와 충돌되는 경우에는 유도무기에 미치는 영향을 최소화하여야 한다[6-8]. 언급된 덮개조립체의 일반적인 요구사항과 유도무기 실 사격시험 결과 및 기존 덮개조립체의 성능요구조건 검토결과, ‘링, 지지용’ 이격 및 이탈 현상으로 이어질 수 있는 잠재적 위험은 Table 1과 같다.

Table 1. Identifying the risk factors

No.	Details of risk factors	Risk expectation	Priority
1	Possibility of 'Ring's Separation / Breakaway from canister when fracture of canister's cover occurs	Interrupt the deployment of wing's	1
2	Possibility of crash with PGM and PGM's support fixture according to residues (Urethane foam) inside the canister after fracture	'Ring's Separation/ Breakaway	2
3	Possibility of inflow humidity according to decline sealing performance of cover	Corrosion of PGM	3

2.2.2 개선방안

앞서 언급한 위험식별 결과를 토대로 검토한 OO 유도무기 발사관 덮개조립체 개선방안은 Table 2와 같다.

Table 2. Methods of improving the cover of canister

No.	Methods of improvement
1	Solve the 'Ring's Separation / Breakaway by removing a 'Ring' from cover ('Ring' & Cover(Urethane foam) integration)
2	Add flange notch backside of canister, for minimize residues(Urethane foam) inside the canister which are occurred by fracture
3	Exclude possibility of leakage of air pressure according to verifying a satisfaction of Military-standard(QAR 80074000) requirement

2.2.3 시험항목 선정

식별한 위험의 제거 여부와 덮개조립체의 개선 성능 충족 여부를 확인하기 위하여, 기존 덮개조립체 국방 기술자료(QAR 80074000)에 명시된 성능 요구조건(밀폐율, 환경시험)과 규격 외 확인항목(파단성능, 외압지지 성능)을 기준으로 덮개조립체의 성능 요구조건을 식별하였고, 이를 토대로 Table 3과 같이 개선 효과를 검증하기 위한 시험항목을 선정하였다.

Table 3. Tests for verifying the improvement of cover

No.	Test	Details	Notes
1	Fracture test	Minimize the residues and verify 0 pieces of Urethane foam when fracture	· Non-standard requirement test · Related risk factors : 1,2
2	Leakage test	<Standards> · Initial pressure : 00.0 + 0.0 kPa · Cumulative pressure : 0.0 kPa/00min.	· Standard requirement test (QAR 8007-4000) · Related risk factors : 3
3	Enduring test	Over 00.0kPa(0psi) of external pressure	· Non-standard requirement test · Related risk factors : 1,2
4	Environment test[9]	<High temperature storage> Max.temp. 00℃ during 00 hours × 0 cycles <Low temperature storage> Min.temp.-00℃ during 00 hours	· Standard requirement test (QAR 8007-4000) · Related risk factors : 1~3

2.3 개선수행 결과

2.3.1 시험방법

덮개조립체의 개선 활동은 수립된 개선계획에 따라 파단 성능시험, 밀폐율 시험, 외압지지 성능시험, 환경시험을 수행하였다. 덮개조립체 파단 성능시험은 Fig. 4, 5와 같이 시험 치구 압력 챔버에 필요압력을 충전 후 밸브를 개방하고, 최종적으로 덮개조립체에 압력을 부가하여 정상 파단 여부를 확인하는 방식으로 수행하였다.

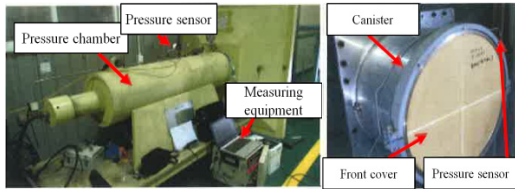


Fig. 4. Test equipments for verifying cover's fracture

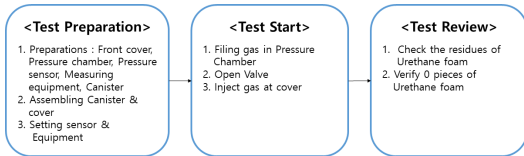


Fig. 5. Procedure of Fracture test

밀폐율 시험은 Fig. 6, 7과 같이 덮개조립체 후방에 시험에서 요구되는 초기압을 충전하고, 충전 후 누기 압력을 측정하는 방식으로 수행하였다.

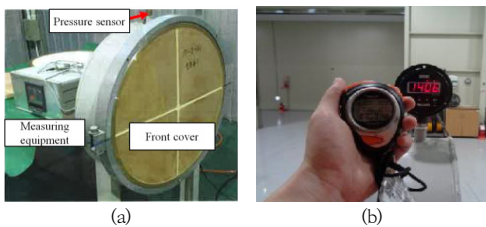


Fig. 6. Test of sealing rate
(a) Test equipments (b) Measuring leak pressure

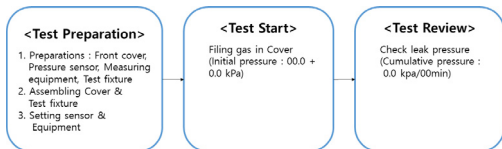


Fig. 7. Procedure of Leakage test

외압지지 성능시험은 파단 성능시험 치구에 덮개조립체를 뒤집어 체결한 후 파단 성능시험 방식과 동일하게 적용하여 덮개조립체의 정상 파단 여부를 확인하는 방식으로 Fig. 8(a), 9와 같이 수행하였다. 마지막으로 환경시험은 Fig. 8(b), 10에서 보는 바와 같이 고온/저온시험 챔버에 덮개조립체를 봉인하여 QAR 80074000 고온/저온저장 시험방법에 따라 시험을 수행한 후 외관 이상 여부 및 밀폐율 성능을 확인하였다.

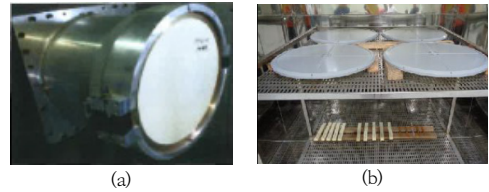


Fig. 8. Enduring & Environment tests
(a) Enduring test against external pressure
(b) Environment Test(High/Low Temp)

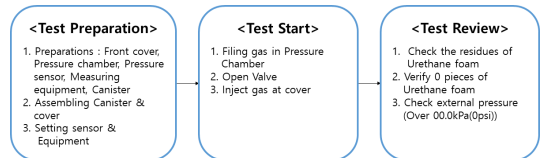


Fig. 9. Procedure of Enduring test

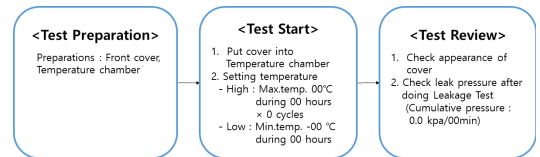


Fig. 10. Procedure of Environment test

2.3.2 시험결과

본 연구에서는 2.2.3의 시험항목을 만족하기 위하여 기존 덮개조립체를 변형하여 개선하기보다는 Table 4와 같이 덮개조립체 신규 설계 및 제작을 통하여 덮개조립체 개선 효과를 확인하였다. 또한, 기존 덮개조립체 대비 전면 십자 노치 치수를 수정하고 후면 테두리 노치를 신규 추가하였으며, 적용 치수는 시험결과에 따라 Table 5와 같이 적용하였다.

Table 4. Cover's Improvement Figuration

Improvement Figuration	
Shape	<p style="text-align: center;"><Shape> <Cross section></p>
Feature	<ul style="list-style-type: none"> · 'Ring' removed · 'Ring'- Cover(Urethane foam) integration · Silicon spread process removed · Applying flange notch to backside of the 'Cover' · Two groove points added for extra-binding force when it's contracted ((cross section) circles)

Table 5. Figures of Cover's Notch

		Size
Cross shaped notch (Front side)	width	10mm
	depth	5.0mm
Flange notch (Back side)	width	1.5mm
	depth	1.0mm

개선 시험을 위하여 시료는 총 4개를 제작하였고, 각 시료별 수행한 밀폐율 시험결과는 Table 6, 7, 8과 같다. 밀폐율 시험은 환경시험(고온/저온) 전/후에 수행하였고, 시험결과 기준 충족함을 확인하였다.

밀폐율 시험 수행 후, Table 9와 같이 파단 시험 및 외압지지 시험을 통하여 덮개조립체의 최종 개선 효과를 확인하였다. 각각의 시험에 2개의 개선 덮개조립체를 적용하였으며, 파단 시험결과 우레탄 폼이 모두 0조각으로 정상적으로 파단되었다. 또한, 시험 후 덮개조립체 확인 결과 우레탄 폼 잔유물이 존재하지 않음을 확인하였다. 마지막으로 외압지지 시험 또한 Table 10과 같이 외압지지 요구 압력 이상에서 모두 정상 파단되었으며, 파단 시험결과와 마찬가지로 우레탄 폼 잔유물이 존재하지 않음을 확인하였다. 이는 신규개선 덮개조립체를 적용할 경우, 유도무기 발사 시 발생하는 추진 압력에 의하여 정상 파단과 더불어 우레탄 폼 잔유물 발생 가능성을 제거할 수 있음을 시사한다. 즉, 개선사항을 적용할 경우 '링, 지지용'의 이격 및 이탈 현상을 근본적으로 제거할 수 있다.

Table 6. Results of measuring leak pressure(1) [unit : kPa]

Name	Before High Temp. Test		Result
	Leakage Test		
	Before	After	
#1	13.9	13.77	Satisfied (↓0.13)
#2	13.9	13.61	Satisfied (↓0.28)
#3	13.85	13.49	Satisfied (↓0.35)
#4	13.90	13.31	Satisfied (↓0.28)

Table 7. Results of measuring leak pressure(2) [unit : kPa]

Name	After High Temp. Test (= Before Low Temp. Test)		Result
	Leakage Test		
	Before	After	
#1	13.9	13.41	Satisfied (↓0.49)
#2	13.88	13.53	Satisfied (↓0.34)
#3	13.86	13.61	Satisfied (↓0.25)
#4	13.86	13.64	Satisfied (↓0.22)

Table 8. Results of measuring leak pressure(3) [unit : kPa]

Name	After Low Temp. Test		Result
	Leakage Test		
	Before	After	
#1	13.88	13.66	Satisfied (↓0.13)
#2	13.88	13.73	Satisfied (↓0.13)
#3	13.86	13.79	Satisfied (↓0.13)
#4	13.90	13.79	Satisfied (↓0.13)

Table 9. Fracture Test Results

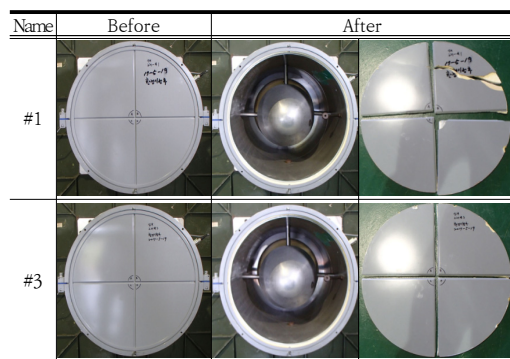

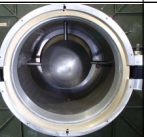

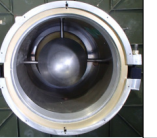


Table 10. Enduring Test Results

Name	Before	After	Result
#2			Standard Satisfied (11.25psi)
#4			Standard Satisfied (10.45psi)

2.3.3 개선효과 검증

보다 정확한 개선 효과를 검증하기 위하여 개선 시험 결과에 따라 기준 충족된 신규개선 뒷개조립체의 기술변경을 완료하였고, 완료 후 OO 유도무기에 적용하여 실 사격시험을 수행하였다. 실 사격시험 수행결과 모두 명중하였으며 사격시험 분석결과는 Table 11, 12, 13과 같다.

Table 11. Live-fire test results after improvement(1)


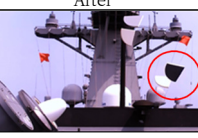
	Before	After
Result		
Summary	· Cover is fractured by 0 pieces but flange isn't broken normally	· Cover is fractured by 0 pieces

Table 12. Live-fire test results after improvement(2)



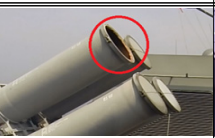

	Before	After
Result		
Summary	· Interrupt the deployment of wing's by Breakaway of 'Ring'	· Separation / break-away are cleared by removing 'Ring'

Table 13. Live-fire test results after improvement(3)

	Before	After
Result		
Summary	· Residues exist	· No Residues exist

3. 결론

본 연구에서는 정밀 유도무기 실 사격시험 결과를 바탕으로 도출된 개선사항들을 검토 및 적용하여 최종적으로 유도무기 발사 성능을 개선한 사례를 소개하였다. 연례 사격시험 결과를 분석하여 발사 성능과 관련된 잠재적 위험요소를 식별하였고, 식별된 위험요소들을 제거하기 위하여 이에 대응되는 개선방안을 수립하였다. 이를 바탕으로 개선방안 검증을 위한 시험항목과 방법이 수립되는 과정을 설명하였다. 수립된 시험항목과 방법들을 수행함으로써 개선 효과를 충분히 검증할 수 있었으며, 시험결과를 통하여 OO 유도무기 적용에 적합한 개선방안을 도출하였다. 마지막으로 확정된 개선방안을 유도무기에 실제 적용한 후, 실 사격시험을 수행하여 개선 효과를 최종 검증하였다. 이러한 결과는 정밀 유도무기 발사성능 향상을 목표로 유도무기 실 사격시험을 준비하는 관련 기관들에 실 사격시험 결과에 대한 효과적인 활용방안을 제시해줄 수 있으며, 실 사격시험 결과를 활용한 유도무기 개선 프로세스와 관련 정책/제도 수립에 밑거름이 되어 향후 지속적인 성능 개선 활동 수행에 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- [1] B. G. Seo, S. J. Hong. "A study of estimating the hit probability and confidence level considering the characteristic of Precision Guided Missile", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.4, pp.193-197, Nov. 2016
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.12.193>
- [2] B. G. Seo. For Technology For Quality, Vol.47, pp.34-37, *Defence Agency for Technology and Quality*, Jul. 2018
- [3] M. S. Kim, J. W. Chung, J. S. Lee. "A Comparison of Reliability Growth Assessment Models Centered on MIL-HDBK-189C", *Journal of Applied Reliability*, Vol.13, No.3, pp.217-227, Sep. 2013
- [4] K. M. Seo, C. Y. Lee, K. W. Bang, D. C. Lee, W. Y. Choi, T. G. Kim. "Effective Test and Evaluation Approaches for Reliable Defense Systems Development examined through Domestic Defense Cases", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol.53, No.2, pp.127-134, Apr. 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.3744/SNAK.2016.53.2.127>
- [5] R. b. Na, B. H. Kim, J. H. Seo. "A Study for Increasing the Safety of Gun Firing System of Patrol Killer Guided Missile from Failure Mode Analysis", *Journal of*

the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol.20, No.2, pp.159-169, Apr. 2017
DOI: <http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2017.20.2.159>

- [6] H. G. Kim, Y. D. Do, Y. J. Yoon, B. Jeong, J. Y. Ryu, "A Development of Canister Cover Considering the Performance of Leakage and Fracture", *Conference on The Korean Society of Propulsion Engineers*, pp.147-153, Nov. 1996
- [7] J. W. Chung, S. M. Shin, Y. G. Bae. "Test Technique for Performance Verification of Fracture-Type Canister Cover", *Journal of the KIMST*, Vol.16, No.4, pp.449-455, Aug. 2013
- [8] Y. J. Heo, G. N. Ha, H. J. Ryu. "Collision Effect Analysis of 130mm Multiple Launch Rocket and Front Cover", *Conference on The Korean Society of Propulsion Engineers*, pp.256-261, May. 2014
- [9] DoD, MIL-STD-810G, "Environmental Engineering Considerations And Laboratory Tests", *Department Of Defense*, Apr. 2014.

윤 영 호(Young Ho Yoon)

[정회원]



- 1996년 8월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과(공학사)
- 1999년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과(공학석사)
- 2006년 10월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

유도무기, 신뢰성공학

서 보 길(Bo-Gil Seo)

[정회원]



- 2011년 8월 : 경북대학교 IT대학 전자공학부(공학사)
- 2013년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 연구원

<관심분야>

유도무기, 신뢰성공학

최 낙 선(Nak-Sun Choi)

[정회원]



- 2006년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부(공학사)
- 2009년 8월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부(전기공학석사)
- 2014년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부(전기공학 박사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원

<관심분야>

유도무기, 신뢰성공학