

한국형 전술차량 방탄유리 환경 및 방호력 시험 적용 기법 연구

박진원^{*1)} · 박영찬²⁾ · 김선진¹⁾

¹⁾ 국방기술품질원 품질경영본부 기동화력센터

²⁾ 기아자동차 특수설계팀

A Study of Environment & Bullet-Proof Capability Test Method for KLTV's Transparent Armour

Jinwon Park^{*1)} · Youngchan Park²⁾ · Seonjin Kim¹⁾

¹⁾ The Land System Center, Defense Agency for Technology & Quality Assurance, Korea

²⁾ Military Wheeled Vehicle Design Team, Kia Motors, Korea

(Received 17 August 2017 / Revised 28 November 2017 / Accepted 12 January 2018)

ABSTRACT

Korean-peacekeeper's transparent armors in Iraq showed delamination, cracking and clouding a decade ago. And there were also similar deterioration recurrences in KLTV during the operational test a few years ago. Also, the differences between operational capability & lab Bullet-proof test condition, and insufficiency of military protection spec resulted in incomplete bullet-proof results. Moreover, although so many ground weapon systems have been developed, there were not secure test & evaluation codes to verify transparent armoured glasses equal to advanced-overseas products. So in this study, first, environmental test codes were established that all tests should be carried out as the application of only one specimen with newly adopted thermal shock test instead of completing each test with different one. Second, protection standards were integrated through the analysis of global developed country's specifications and reinforced as adding to the real mock-up condition if vehicle's glasses are smaller than standard specimen. Hereby, by applying to test-codes which including actual operational & vehicular conditions, the gap between development test and operational environment was minimized.

Key Words : Transparent Armour(방탄유리), Environmental Test(환경시험), Bullet-Proof Test(방탄시험), KLTV(Korean Light Tactical Vehicle, 한국형 전술차량)

1. 서론

'04년 이라크 자이툰 부대 파병시 K131(¼톤), K311A1(1¼톤) 및 K511A1(2½톤) 3개 차종이 방탄차량으로 개조되어 납품되었고 '07년 파병임무를 마치고 국내 복귀한 차량의 재사용을 위해 정비를 수행하는

* Corresponding author, E-mail: jwpark@dtqa.re.kr

과정에서 방탄유리 접합층의 기포발생, 폴리카보네이트와 폴리우레탄 필름사이의 층분리 및 폴리카보네이트 필름의 표면균열과 긁힘 등 아래 Fig. 1과 같이 다수 문제점이 확인되었다.

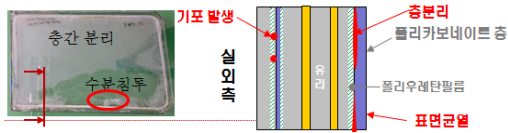


Fig. 1. Quality problems of transparent armour in Iraq

이는 당시 국내 제조업체의 제조기술 부족, 이중 재질간 열팽창 미고려로 인한 접착필름 두께 설정 오류, 유리 테두리의 불완전한 에지 씰링에 의한 수분 침투, 진공성형 공정에서 유리 적층부의 공기 잔류(진공유지 미흡), 화학세정제 반응성 미고려 및 사용군 세척시 긁힘 등 다수의 사유로 발생하였지만 더욱 근본적인 문제는 이러한 것들을 사전 발취하여 검증할 정량화된 한국 고유의 표준 시험모델이 없었다는 것이다.

아울러 각 무기체계별 구성 장비간 환경 및 방호력 시험 검증방법이 상이하거나 구체적이고 상세한 기술자료가 부족하여 해외 선진국 규격 또는 메이저 업체의 고유 규격을 참고로 무기체계 장비간 상이한 규격으로 제정되어 적용되어 왔다. 이러한 결과로 일부 부실하게 제정된 규격 또는 구매사양서에 의해 검증될 경우, 전력화 이후 사용군 탑승인원의 안전 및 운용상에 지대한 악영향을 줄 수 있기 때문에 한국형 소형 전술차량 개발 시 이러한 부분을 염두에 두고 방탄유리 환경 및 방호력 시험 방법의 표준화를 고려하여 국방규격 제정('15.6) 및 개정('15.12)을 실시하였다.

2. 방탄유리 환경 및 방호력 시험 적용 기법 연구

앞서 서론에서 언급한 사유로 환경 및 방호력 시험 방법 표준화를 위해 기존의 이라크 방탄차 국방규격서와 미군, NATO, 유럽 규격 그리고 자체 시험방법 등을 반영하여 시험코드 적용 기법 연구를 진행하였다.

2.1 방탄유리 환경시험 측면

이라크 방탄차량은 기존에 기 전력화된 군용 표준 차량을 일부 개조하여 방탄유리, 방탄복합재 및 방탄철판을 부착한 것으로 최초 개발 당시 매우 촉박하게

사업이 진행되어 적용 소재에 대해 사전에 충분한 검토가 이루어지지 못했다. 뿐만 아니라 최초 방탄유리 환경시험은 KS L 2007(자동차용 안전 유리) 기준으로 규격화되었으며, KS 규격에서 최종 시험항목으로 채택한 내용은 “가시광선 투과율, 2중상, 내마모성, 내열성, 내습성”이었으나, Fig. 1과 같은 Field 문제가 발생되었다. 소형전술차 개발시에는 과거품질 문제가 재발하지 않도록 유리 설계를 보완하였다.

이때, 환경내구 검증을 위해 “고온시험, 저온시험, 상대습도, 내광성, 내열성” 시험을 개별로 검증하였다. 이는 4계절의 변화가 뚜렷하며 특히 하계에 고온다습한 한국 환경조건 보다는, 기존 시험코드에 기초하였다. 그러나, 이전 문제점 관련 설계 개선을 했음에도 불구하고, 운용시험평가간 측면유리에서 기포가 발생하였다.

이에 시험코드 강화의 필요성이 강하게 제기되었고, 내구성능을 인정받은 해외선진회사 제품수준을 품질 목표로 하여, 방사청, 기포원 및 체계업체가 협업하여 시험기법을 구축하고자 하였다. 하나의 제품이 장기간 외부 환경에 노출되는 것처럼 모든 시험을 1개의 시편으로 수행하도록 했고, 각 시험코드 또한 민·군수 기준 시험코드에서 시간/온도등 조건을 좀 더 가혹하게 개발 및 규격 개정('15.12) 적용하였다.

변경 전·후의 테스트 절차 및 코드는 다음장의 Fig. 2와 같다.

개발된 시험코드가 해외 선진제품 수준의 품질을 확보하고 있는지 검증하기 위해, 해외 2개사(미국 A사, 프랑스 D사)와 국내 양산부품 공급사(K사) 부품으로 비교검증('15.7)을 수행하였으며, 그 결과('15.10) 국내 K사 부품에서 환경내구 문제점(미국 D사 필름 백화현상)을 확인하여 해외 2개사와 동등 이상의 성능을 확보하도록 개선할 수 있었다.

이러한 환경 시험절차 변경의 가장 큰 특징은 아래 Fig. 3과 유사하게 시험항목별 별개 시편 검증에서 열충격 노화(Aging)시험을 추가하면서, 차량에 부착된 제품이 다양한 환경에 노출되듯이 모든 시험을 하나의 시편으로 순서별로 검증하여, 실제조건에 근접하게 변색, 층분리 및 기포 발생여부를 검증하는 것이다.

기존 MIL-STD-810F^[1] 대비 고온(+80 °C)/저온(-32 °C) 반복횟수(1회→9회), 전체 유지시간(160.7→240 hr)면에서도 훨씬 가혹하여 층분리 및 기포 발생을 검증하는데 탁월할 것으로 판단된다. 그리고 환경내구의 성능 만족 판단 기준은 환경시험 완료 후 KS 규격에서 규

■ 한국형 소형전술차량 방탄유리 환경시험 절차 및 방법

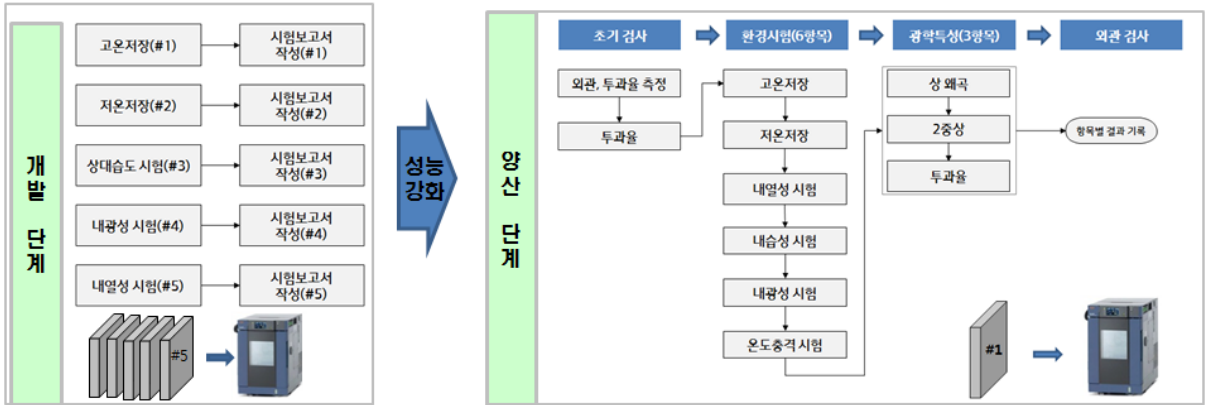


Fig. 2. The reinforced method of environmental test for transparent armour(glass)

정하는 상외곡, 이중상 및 투과율 변화량 만족 여부로 판단하였다.

위 Fig. 2의 강화된 시험절차는 시험시간이 길다는 단점이 있다. 이와 관련 신규개발 유리의 환경내구 성능이 일정수준 이상인지 확인하는 방법을 또한 마련하였다. 환경내구에서 가장 큰 영향을 미치는 온도충격시험을 활용하였으며, 이를 검증하기 위해 Fig. 1의 문제가 발생한 이라크 파병용 사양으로 검증하였다.

아래 Fig. 4와 같이 품질보증요구서(QAR A60094030) “표 3 외관검사 판단 기준”^[2,3]에서 규정하는 투명기포 허용기준인 1.6 mm 이상 투명기포가 총 27개가 확인되어 상기 시험방법이 제조/공정상의 결함, 검사 및 설계 미흡 등의 문제점을 사전에 걸러내는데 효과가 있음을 검증하였다.

아울러 현 한국형 소형전술차량의 방탄유리에 위 Fig. 2의 성능강화된 규격을 적용하여 '16년 8월부터 동년 11월까지 국가공인시험기관인 한국건설생활환경시험연구원(환경시험)과 한국화학융합시험연구원(기본 성능)에서 위 개선방안에 대한 시험을 실시한 결과, 아래 Fig. 5에서 확인가능하듯이 기포 발생, 변색, 층분리, 박리, 갈라짐, 잔금 및 흐림 현상 등 어떠한 품질문제도 발생하지 않았고, 이는 국내의 3개사 제품 비교시험('15.7 ~ '15.10)에서의 해외제품 결과(미국 A사<기포 20개>, 프랑스 D사<기포 5개>) 대비 동등 이상이었다. 국내 공급사(K사)의 초기 제품의 문제점을 발견하고 개선하여 해외제품 동등 이상으로 개선하는데, 환경시험 성능강화(안)을 통해 이루어져 그 유효성을 확인 할 수 있었다.

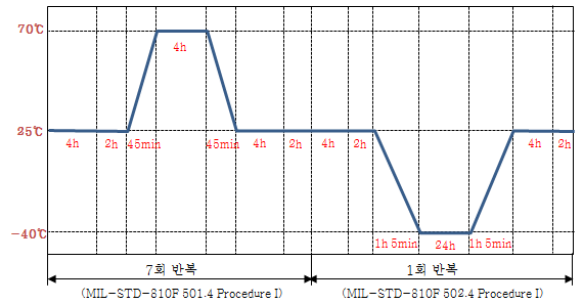


Fig. 3. The example of thermal-shock test



Fig. 4. The environmental test result of Iraq bullet-proof vehicle's glass

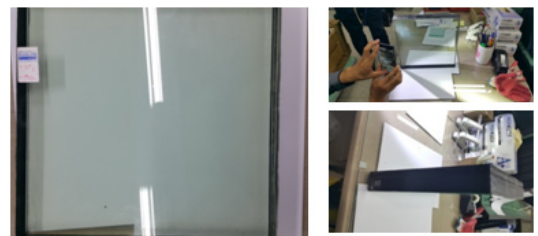


Fig. 5. The environmental test result of KLTV glass

2.2 방탄유리 방호력 측면

정부투자 업체자체개발사업으로 K사에서 개발한 소형전술차량의 방호력은 북한군 화기 기준으로 설정되어 있으며, 이를 실험실조건 시험에서 시편상태로 검증하기 위해 Jane's 연감 탄속을 반영하였다. 시험방법은 MIL-STD-662F(V₅₀ Ballistic Test for Armor)^[4], 시편 크기는 MIL-G-5845D(Glass, Laminated, Flat, Bullet-Resistant)^[5] 그리고 탄간거리 및 사격발수는 Nato Stanag 4569(Protection levels for occupants of armoured vehicles)의 AEP-55 Volume 1(Procedures for evaluating the protection level of armoured vehicles - Kinetic energy and artillery threat)^[6] 기준으로 최초 규격화 및 표준화하였다. 이를 바탕으로 소형전술차량 초도생산간 방호력시험을 기품원 다텔골 시험장(강원 인제 소재)에서 실험실조건 시험을 수차례 실시하여 규격 충족함을 최종 확인하였다. 또한, 사용군 운용조건을 고려하면서 실제 작전요구성능을 바탕으로 실험실조건 시험으로 변환한 규격의 신뢰성을 확인하기 위해, 추가로 사용군 협조하에 작전요구성능에 의거 차량 실사격을 실시하였다. 시험결과 아래 Fig. 6에서와 같이 전방 윈드실드 유리는 방호하였으나, 도어 유리는 2, 3번째발에서 방호되지 않았다.



Fig. 6. The firing test result of KLTV glass(1st)

차량 실사격과 실험실조건 시험 결과 차이는 2가지 원인으로 압축할 수 있었다.

첫 번째, 사용군 보유 탄환의 타격속도 편차로, 42 발 실측 결과 Jane's 연감 기준값 대비 -1.4 m/s ~ 36 m/s 편차로 대부분 기준값을 상회하였다.

두 번째, 시편과 실제부품 간 크기 차이로 시편 크기는 762×406 mm(MIL-G-5485D)이며, 윈드실드 유리는 874×408 mm(시편 대비 면적 15% ↑)로 크며, 측면(도어) 유리는 570×233 mm(시편대비 면적 57% ↓)로 작다. 이는 유리 방탄메커니즘 상 경도가 높은 유리는

에너지를 분산시키고, 경도가 낮은 비 유리층은 변형되며 에너지를 흡수하므로, 외부에서 가해지는 에너지의 분산/흡수가 유리 크기에도 영향을 받게 된다.

따라서 측면유리는 기존의 특정크기 시편으로 하는 검증보다 차량 실사격 조건에서 성능을 만족하도록, 시험방법 규격을 개정하였다.

아래 Fig. 7은 실차조건을 반영하기 위해 방탄유리 면밀도(최대 7 kg/m²) 및 두께(최대 4 mm)를 증대 및 내부 판유리 적층구조와 폴리카보네이트 적용위치 변경하였다.



Fig. 7. The result of lamination layer's improvement

그 이후 아래 Fig. 8과 같이 초도생산품 양산시험 및 2차 실차 사격시험을 통해 규격 및 작전요구성능이 모두 만족함을 확인하였다.

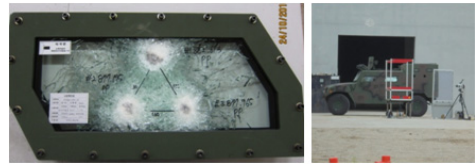


Fig. 8. The firing test result of KLTV glass(2nd)

따라서 지금까지 방탄유리 방호력 관련 시험 기법 연구 적용 결과를 정리하면 아래 Fig. 9와 같다.

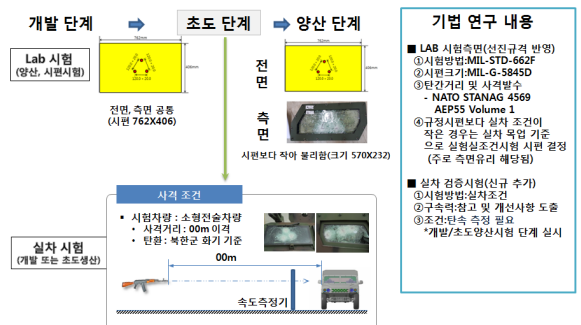


Fig. 9. The application result of bullet-proof capability test method

3. 결 론

소형전술차량 방탄유리 환경 및 방호력 시험 관련 적용 기법 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- ① 환경시험 측면에서 내구도가 가미된 온도충격시험 추가 및 실차 운용조건과 동일하게 각 시험항목을 1개의 시편으로 통합 수행하여 열악한 사용군 운용환경을 고려한 독자적인 한국형 환경시험 모델을 구축 및 규격 개정 반영하였으며, 이를 초도양산간 직접 적용하여 단품 성능을 확인하였다.
- ② 해외 선진규격의 면밀한 분석 후 장점을 반영하여 한국형 독자적인 방호력 시험 검증 모델을 구축하였으며, 이를 토대로 규격개정 및 실험실조건 시험에서 방호됨을 확인하였다. 아울러 시험검증방법을 초도생산품시험간 실차조건(참고시험)으로 확대 적용하여 시험 결과, 목업 기준으로 시편을 반영(측면유리)하여 실험실조건 시험의 실용도(검출력) 및 단품상태 방호력 안전을 향상을 도모하였다.
- ③ 따라서 환경과 방호력 성능이 어느 한쪽에 치우치지 않고, 그 검증방법이 해외 기준과 동등 이상인 한국형 독자적인 검증 모델을 구축하였다.

후 기

소형전술차량 초도양산간 방호력 및 환경 시험에 협조하여준 업체(K사, G사 등) 및 기품원 다릿골 시험소 분들에게 감사드리며, 아울러 추후로는 방탄유리 품질 및 내구성 확보를 위하여 내화학성시험(충분리 측면), 진동 및 내충격시험(에지셀 견고성 등), 모래먼지 시험(수출/파병을 고려한 내마모성) 등과 같은 추가 시험에 대한 후속 연구를 통해 차기 전력화 차종 개발 및 규격화시 반영될 수 있도록 노력이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] MIL-STD-810F Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, Department of the Army, USA, pp. 501.4-503.4, 2000.
- [2] Quality Assurance Requirements, A60094030, Transparent Armoured Glass, DAPA, pp. 3-15, 2016.
- [3] ATPD-2352R Purchasing Description for TA, Department of The Army, USA., 2010
- [4] MIL-STD-662F, V₅₀ Ballistic Test for Armor, pp. 2-12, 1997.
- [5] MIL-G-5845D, Glass, Laminated, Flat, Bullet-Resistant, pp. 17-18, 1993.
- [6] NATO STANARD AEP-55 Volume 1, Procedures for Evaluating the Protection Level of Armoured Vehicles-Kinetic and Artillery Threat, pp. B7-B8, 2014.