

## 미군 방탄복 방탄시험방법 고찰 및 국내 적용방안 연구

구승환\*, 김영철\*, 박중화\*

\*국방기술품질원

e-mail: gsh999@hanmail.net

### A study on the application of the bulletproof test method for the U.S. military body armor

Seung-Hwan Gu\*, Young-Chul Kim\*, Joong-Hwa Park\*

\*Defense Agency for Technology and Quality

#### 요 약

본 연구는 국내와 미국의 방탄복 시험방법을 살펴보고 우리나라의 실정에 부합하는 방탄복 시험기준을 연구하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 방탄복의 환경처리는 텀블링, 고온처리, 저온처리, 가속노화, 해수침수로 구분하여 수행한다. 둘째, 파편방호는 FSP와 RCC에 대한 V50시험을 수행하고 권총탄은 9mm 탄환을 사용하고 후면변형을 측정한다. 탄속은 모든 시료 모두 동일하게 적용하고 속도는 NIJ보다 높은 IOTV에서 사용하는 속도를 적용한다.

#### 1. 서론

개인 방호장비 중 하나인 방탄복은 고폭탄 등에 의한 파편과 탄에 인한 신체 손상을 방지하기 위한 필수장비이다. 방탄복에 대한 최신 동향을 살펴보면 미국 비롯한 다양한 국가에서 경량화와 생존성 향상, 여러 환경에서의 방탄성능 검증, 편의성 향상 등의 특성 위주로 방탄복을 개발/운영하고 있다. NIJ Standard는 비교적 명확한 시험절차와 Level을 설정해놓았기 때문에 시험의 객관성과 용이성을 확보할 수 있다는 장점을 가지고 있지만, 시험대상이 되는 방탄복이 민수용에 초점이 맞춰져 있다는 점이 한계점으로 작용한다. 이러한 점을 고려할 때, NIJ 기반의 시험방법을 군에 적용하는 것은 적당하지 않을 소지가 있을 수 있다. 실질적으로 미국 OTV나 IOTV의 시험에 사용되는 총탄과 NIJ에서 사용하는 총탄에 차이가 있으며, 용도에 차이가 존재하기 때문에 일부 기준을 우리나라에 맞게 개정한다면 더욱 경량화되고 안전한 방탄복의 도입이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 그간 방탄복에 대한 연구와 시험을 진행하는 과정에서 획득한 해외 방탄복 시험규격과 요구조건을 검토하고 국내의 시험방법과 비교하여 한국형 방탄복의 시험방법을 제시하기 위한 사전연구로 진행되었다. 따라서 본 연구에서는 미국의 IOTV와 SPCS에서 요구하는 방호성능을 살펴보고자 하였다.

#### 2. 미국 방탄복의 발전 동향

미국은 1990년대 OTV(Outer Tactical Vest) 형태의 방탄복을 개발하여 운영해오다가 2000년대 기존 OTV의 문제점을 보완한 IOTV(Improved Outer Tactical Vest)를 개발하여 운영하고 있다. 이후 지속적으로 방탄복을 개선하여 2016년에는 IOTV를 4세대까지 발전시켜 운영해오고 있다. 이와 병행하여 별도 특수부대 등의 용도로 기존의 방탄복을 경량화한 플레이트 캐리어 개념의 SPCS(Soldier Plate Carrier System)도 운영하고 있다. Table. 1은 미군 방탄복의 각 세대별 발전내용에 대해 정리한 것이다. 최근에는 SPS(Soldier Protection System) 내에 TEP(Torso and Extremity Protection) 시스템의 개념을 도입하여 경량화와 모듈화를 시도하고 있으며, 구성은 Fig. 1과 같다.[1]



Fig 1. Torso and Extremity Protection

## 3. 미군 방탄시험 방법

미군 방탄복 시험방법을 확인하기 위해 IOTV GEN III과 SPCS 시험방법을 고찰하였다. IOTV GEN III는 'FQ/PD-07-05G' 규격에 의거하여 시험하며[2], SPCS는 'AR/PD 10-04E' 시험 규격을 따른다[3]. 먼저 IOTV 시험에서는 파편과 권총탄에 대해서 시험한다. 파편의 경우 국방규격과는 다르게 FSP 외에도 RCC(Right Circular Cylinder) 파편을 사용하여 시험한다. 또한 0도, 45도 각도에서의 V50을 시험하며, 침수처리 후에도 시험을 수행한다. 각각의 부위에 따라서 요구되는 성능이 다른데 이는 부위별로 치명상을 입을 확률이 다르기 때문으로 사료된다. 특히 16 grain RCC의 경우 고온처리와 저온처리, 가속노화시험을 수행한 후에도 사격을 진행한다. 권총탄은 9mm 보통탄을 사용하여 V50과 V0 시험을 수행하며, 각도에 따라 사격한다. IOTV의 시험방법 및 요구속도를 요약정리하면 Table. 1 및 Table. 2와 같다.

Table 1. IOTV Fragmentation protection & minimum V<sub>50</sub>

| Fragment Projectile                                                 | V <sub>50</sub> , Dry, 0 degree, ft/s(m/s) | V <sub>50</sub> , Wet, 0 degree, ft/s(m/s) | V <sub>50</sub> , Dry, 45 degree, ft/s(m/s) |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Base vest assembly, groin, collar, lower back and deltoid protector |                                            |                                            |                                             |
| 2 gr. RCC                                                           | 2710(826)                                  | 2575(785)                                  | 2800(853)                                   |
| 4 gr. RCC                                                           | 2400(732)                                  | 2300(701)                                  | 2460(750)                                   |
| 16 gr. RCC                                                          | 2050(625)                                  | 1920(585)                                  | 2080(634)                                   |
| 64 gr. RCC                                                          | 1660(506)                                  | 1610(491)                                  | 1660(506)                                   |
| 16 gr. RCC*                                                         | 2000(610)                                  | -                                          | -                                           |
| 16 gr. RCC**                                                        | 1900(579)                                  | -                                          | -                                           |
| 17 gr. FSP                                                          | 1850(564)                                  | -                                          | -                                           |
| Yoke (with base)                                                    |                                            |                                            |                                             |
| 2 gr. RCC                                                           | 3080(939)                                  | 3000(914)                                  | 3350(1021)                                  |
| 4 gr. RCC                                                           | 2700(823)                                  | 2550(777)                                  | 2800(853)                                   |
| 16 gr. RCC                                                          | 2280(695)                                  | 2150(655)                                  | 2330(710)                                   |
| 64 gr. RCC                                                          | 1800(549)                                  | 1700(518)                                  | 1900(579)                                   |
| 17 gr. FSP                                                          | 2170(661)                                  | -                                          | -                                           |
| Yoke (without base)                                                 |                                            |                                            |                                             |
| 17 gr. FSP                                                          | 1120(661)                                  | -                                          | -                                           |
| * After hot and cold temperatures, accelerated aging                |                                            |                                            |                                             |
| ** After POL                                                        |                                            |                                            |                                             |

Table 2. IOTV Handgun protection & minimum V<sub>50</sub> & V<sub>0</sub>

| Projectile       | V <sub>50</sub> , 0 degree, ft/s(m/s) | V <sub>50</sub> , 0&30 degree, ft/s(m/s) | Deformation (mm) |
|------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|------------------|
| 9mm, 124 gr. FMJ | 1525(465)                             | 1400(427)                                | 44.0             |

다음으로 SPCS 시험에서도 파편과 권총탄에 대해서 시험

하며, 파편은 IOTV와는 다르게 FSP만 사용하여 시험한다. 이는 경량화를 목적으로 개발된 캐리어의 성격이 반영된 것으로 사료된다. 각도 및 침수 후 사격은 IOTV와 동일하고, 권총탄에 대한 시험도 IOTV와 동일하다. Table. 3은 파편에 대한 속도 및 요구조건을 나타낸다.

Table 3. SPCS Fragmentation protection & minimum V<sub>50</sub>

| Fragment Projectile                                  | V <sub>50</sub> , Dry, 0 degree, ft/s(m/s) | V <sub>50</sub> , Wet, 0 degree, ft/s(m/s) | V <sub>50</sub> , Dry, 45 degree, ft/s(m/s) |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 17 gr. FSP                                           | 1850(564)                                  | 1720(524)                                  | 1880(573)                                   |
| 17 gr. FSP*                                          | 1800(549)                                  | -                                          | -                                           |
| 17 gr. FSP**                                         | 1700(518)                                  | -                                          | -                                           |
| * After hot and cold temperatures, accelerated aging |                                            |                                            |                                             |
| ** After POL                                         |                                            |                                            |                                             |

환경처리 부분을 살펴보면 침수시험은 염수(3% 염화나트륨, 0.5% 염화마그네슘 함유)로 구성된 물에 방탄복이 완전히 (수면에서 최소 100 mm 이하) 잠길 수 있도록 하며, 24시간 동안 침수시킨다. 침수 완료 후 10분을 건조시킨다. 고온처리는 온도 (68.3 ~ 73.9) °C에서 6시간 처리하며, 저온처리는 온도 (-51.1 ~ -56.7) °C에서 6시간 처리한다. 가속노화시험은 ASTM D 1149 규격을 일부 수정하여 수행하는데, 총 72시간 동안 40 °C의 온도와 최소 50 ppm의 오존환경에 노출시킨다. 유체시험인 POL(Petroleum, Oil, and Lubricant)은 각각의 상태에서 4시간 동안 수행한다. 이와 같은 모든 환경처리가 완료된 이후 60분 이내에 시험을 완료한다.

## 4. 국내 적용방안

본 장에서는 3장에서 고찰한 한국과 미국의 방탄시험방법을 토대로 한국군에 적합한 방탄시험 환경처리 기준과 적용탄종 및 탄속 기준을 제안하고 추가적으로 기술되어야 할 요건들을 제안한다.

## 4.1 환경처리

방탄복의 환경처리는 환경처리를 수행하는 것과 환경처리를 하지 않는 것으로 구분한다. 환경처리는 각각의 시료에 수행하며, 텀블링, 고온처리, 저온처리, 가속노화, 해수침수로 구분하여 수행한다. 텀블링과 가속노화시험을 수행하는 이유는 방탄복이 시간의 경과에 따라 노화되어도 성능을 발휘할 수 있는지에 대해 확인하기 위함이다. 가속노화시험은 향후 추가연구를 통해 텀블링 결과와 비교하여 삭제가 가능하다. 다음으로 온도처리는 소재의 물성 및 특성으로 인해 특수한 환경(예를 들면 고온 • 다습한 경우)에서 재질 변형이 발생할 우려를 반영한 것으로 우리나라의 사계절을 고려하여 설

정하였으며, 중등 등에 파병하는 경우에도 방탄성능을 유지할 수 있도록 한 것이다. 마지막으로 해수침수는 방탄복의 섬유재질과 사람의 땀, 상륙작전 시 착용 가능성을 고려한 것이다.

텀블링 시험방법은 NIJ Standard를 준용하여 수행하고, 고온시험과 저온시험, 해수시험, 가속노화시험방법은 FQ/PD-07-05G 규격을 준용하여 수행한다. 환경처리 방법에 대해 정리하면 Table. 4와 같다.

Table 4. Method &amp; Conditions of the Conditioning

| Division                                                                    | Method            | Conditions                                  | Standard |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|----------|
| Non Conditioning                                                            | Ambient           | -                                           | -        |
| Conditioned                                                                 | Tumbling          | 65 °C, R.H. 80%, 5rpm, 10d                  | ①        |
|                                                                             | Hot temp.         | 68.3~73.9 °C, 6h                            | ②③       |
|                                                                             | Cold temp.        | -51.1~-56.7 °C, 6h                          | ②③       |
|                                                                             | Sea water         | 3% sodium & 0.5% magnesium, 24h             | ②③       |
|                                                                             | Accelerated aging | 40 °C, 50 per hundred million of ozone, 72h | ④        |
| Note. ① NIJ Standard 0101.06, ② FQ/PD-07-05G, ③ AR/PD 10-04E, ④ ASTM D 1149 |                   |                                             |          |

#### 4.2 시험탄종 및 탄속

3장에서 살펴본 바와 같이 방탄복의 방호 기준은 파편과 권총탄에 대한 방호능력을 가지고 있다. 군인이 방탄복을 착용하는 가장 큰 목적은 고폭탄의 파편 등으로부터 신체를 보호하기 위한 것이다. 방탄복은 섬유소재로 이루어져 소총탄에 대한 방호가 불가능하다. 소총탄에 대한 방호는 방탄복 내에 플레이트를 삽입하여 이루어지며, 본 연구의 범위에서 벗어나기 때문에 소총탄에 대한 방호(플레이트 방호성능)은 다루지 않는다.

국방규격에서는 Cal. 22 FSP를 사용한 파편 방호와 .357 Sig, .44 Mag 권총탄의 방호성능을 요구하고 있다. 먼저 파편탄은 V50을 측정하되, 일반적으로 사용하는 Cal. 22 FSP와 최근 테러단체의 급조폭발물(IED : Improvised Explosive Device)로 인한 위협을 모사한 RCC에 대한 시험을 수행할 필요가 있다.[4] 다음으로 권총탄은 후면변형을 측정하며 9mm 탄환만을 사용하는 것을 제한한다. 그 이유는 .357 SIG의 경우 NIJ Standard 0101.07 Draft에서도 사용빈도가 낮은 탄환으로 9mm로 대체되고 있으며, NIJ Standard 0108.01, FQ/PD-07-05G, AR/PD 10-04E 규격에서도 이를 사용하고 있기 때문이다. 탄속은 개정되는 NIJ를 준용하여 환경처리한 시료와 하지 않은 시료 모두 동일하게 적용하고 속도는 NIJ

보다 높은 IOTV에서 사용하는 속도를 적용한다.

NIJ IIIA급의 .44 Magnum 탄을 제외시킨 이유는 NIJ에서 미국 내 총기사고에 대비하기 위해 추가한 탄종으로 군이 대면하는 전시상황에서는 의미가 없을 것으로 판단했기 때문이다. 실질적으로 .44 Magnum의 후면변형이 실제 인체에 미치는 영향에 관해서는 추가시험이 필요하다는 연구결과도 있으며[5], .44 Magnum 탄을 제외시킬 경우 현재 다목적방탄복의 경량화도 가능할 것으로 판단된다. 이를 반증하듯 미군의 규격에서는 .44 Magnum에 대한 시험은 수행하지 않고 있다. 미국의 시험방법 및 관련 연구보고서에 따르면 9mm 권총탄의 위협에 대한 방호수준으로 유지할 경우에도 생존률과 운용성의 적절한 조화가 가능하다고 보고되고 있기 때문에 우리 군에서도 최소한 이를 준용하여 방호수준을 설정할 필요가 있다.[6] 각각 탄종별 탄속과 각도는 NIJ Standard와 FQ/PD-07-05G, AR/PD 10-04E를 준용하였으며 이를 정리하면 Table. 5, Table. 6과 같다.

Table 5. Fragmentation protection & minimum V<sub>50</sub>

| Fragment Projectile                                  | V <sub>50</sub> , Dry, 0 degree | V <sub>50</sub> , Wet, 0 degree | V <sub>50</sub> , Dry, 45 degree |
|------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 2 gr. RCC                                            | 826 m/s                         | 785 m/s                         | 853 m/s                          |
| 4 gr. RCC                                            | 732 m/s                         | 701 m/s                         | 750 m/s                          |
| 16 gr. RCC                                           | 625 m/s                         | 585 m/s                         | 634 m/s                          |
| 64 gr. RCC                                           | 506 m/s                         | 491 m/s                         | 506 m/s                          |
| 16 gr. RCC*                                          | 610 m/s                         | -                               | -                                |
| 17 gr. FSP                                           | 564 m/s                         | 524 m/s                         | 573 m/s                          |
| 17 gr. FSP*                                          | 549 m/s                         | -                               | -                                |
| * After hot and cold temperatures, accelerated aging |                                 |                                 |                                  |
| ** After POL                                         |                                 |                                 |                                  |

Table 6. Handgun protection & minimum V<sub>50</sub> & V<sub>0</sub>

| Projectile                                           | V <sub>50</sub> , 0 degree | V <sub>50</sub> , 0&30&45 degree | Deformation (mm) |
|------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|
| 9mm, 124 gr. FMJ                                     | 465 m/s                    | 427 m/s                          | 44.0             |
| * 6 shots, shot location and method according to NIJ |                            |                                  |                  |

## 5. 결 론

본 연구는 국내와 미국의 방탄복 시험방법을 살펴보고 우리나라의 실정에 부합하는 방탄복 시험기준을 연구하였다. 한국과 미국의 방탄복 시험기준을 검토하여 한국형 방탄복 방탄시험 기준을 도출한 결과는 다음과 같다. 첫째, 환경처리 범위이다. 방탄복의 환경처리는 환경처리를 수행하는 것과 환경처리를 하지 않는 것으로 구분하며, 환경처리는 텀블링, 고온처리, 저온처리, 가속노화, 해수침수로 구분하여 수행한

다. 둘째, 시험탄종과 탄속이다. 파편방호는 FSP와 RCC에 대한 V50시험을 수행한다. 권총탄은 9mm 탄환만을 사용하고 후면변형을 측정한다. 탄속은 개정되는 NIJ를 준용하여 환경 처리한 시료와 하지 않은 시료 모두 동일하게 적용하고 속도는 NIJ보다 높은 IOTV에서 사용하는 속도를 적용한다.

#### 참고문헌

- [1] Director Operational Test and Evaluation, "FY 2019 Annual Report. Annual Report", Office of the Secretary of Defense, 2019.
- [2] U.S. Army, "IMPROVED OUTER TACTICAL VEST", Rev G, FQ/PD-07-05G.
- [3] U.S. Army, "SOLDIER PLATE CARRIER SYSTEM (SPCS)", Rev E, AR/PD 10-04E.
- [4] Cline, J., Moy, P., Harris, D., Yu, J., and Wetzel, E. "Ballistic response of woven Kevlar fabric as a function of projectile sharpness", Dynamic Behavior of Materials, Vol. 1, pp. 13-16, 2020.  
DOI : [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30021-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30021-0_3)
- [5] Hanlon, E., Gillich, P. "Origin of the 44-mm behind-armor blunt trauma standard", Military medicine, Vol. 177, No. 3, pp. 333-339, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.7205/milmed-d-11-00303>
- [6] Army Logistics Command, "Purchase Request For Bulletproof Vest(Special Agent, Female)", 2021.