

비무장지대 출토 군화의 형태 복원을 위한 3차원 디지털 기술의 적용 및 보존처리

오승준 한서대학교 문화재보존과학연구소 연구교수

위광철* 한서대학교 문화재보존학과 교수

*Corresponding Author: kcwi@hanseo.ac.kr

국문초록

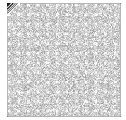
국방부 유해발굴단을 통해 발굴된 한국전쟁 전사자 유품의 보존 방법론을 제시하고자 3D 기술의 적용과 가역성 및 안정성이 우수한 보존 재료를 이용해 군화류 2점에 대한 보존처리를 진행하였다.

3D 스캐닝과 모델링을 통해 군화를 신었던 전사자의 발 사이즈를 추정해 볼 수 있었으며, 이를 기반으로 3D 출력 구조체를 이용해 원형을 복원하였다. 원형 복원은 출토 유품의 오염물 제거와 유연제 처리 작업을 거쳐 구조체의 형태로 복원하였으며, 열화되어 찢겨지거나 멸실된 부분은 접합 및 메움처리 후 고색처리를 통해 원형을 복원하였다. 보존처리 후 2종의 군화 모두 밑창과 발등 부분은 고무류, 발등 일부와 발목 부분은 합성가죽류로 제작된 것을 확인할 수 있었으며, 이는 방수 또는 방한의 목적으로 제작되어 1944년에 도입된 모델 Shoe Pac(M-1944, 12-inch) 방한화와 유사한 군화임을 확인하였다. 이러한 결과는 보존처리를 통해 출토된 유품의 제작기법과 재질, 용도 등을 밝혀낼 수 있음을 확인한 연구로서 과학적 보존처리와 3D 기술의 융합적 연구의 중요성을 보여준 사례이다.

주제어 유품 보존처리, 3D 기술, 형태 복원, 유연제, 세척제

투고일자 2023. 1. 18. | 심사일자 2023. 4. 21. | 게재확정일자 2023. 5. 24.





I. 서론

유해 발굴은 6·25전쟁 기념 사업단 소속의 유해 발굴조직에 의해 2000년 4월 3일 경상북도 칠곡군 가산면 소재 다부동 지역을 시작으로 이루어지기 시작하였으며(조석근 2009: 291~319), 이후 사회적, 국민적 관심이 높아짐에 따라 독자적인 유해 발굴조직의 필요성이 대두되어 6·25전쟁 전사자 유해 발굴을 전담하는 국방부 소속의 유해발굴감식단이 2007년 1월 1일 창설되었다. 감식단은 2021년까지 총 12,930구의 전사자 유해를 발굴하였으며, 이 중 한국군 전사자는 11,174구로 확인되었다.

유해 발굴이 이루어진 격전지 중 화살머리고지는 군사분계선 남방 비무장지대 내에 위치하고 있으며, 1951년 7월부터 시작된 정전 협상 기간에 국군 제9사단, 미군 제2사단 등이 고지를 점령하기 위해 공산군과 치열한 전투를 벌였던 곳이다(윤지원 2021: 43~47). 전쟁에서 가장 치열한 고지 쟁탈전 중 하나인 화살머리고지는 「9.19 군사 분야 남북합의서」의 이행을 위해 2019년 4월부터 유해 발굴이 시작되었으며, 발굴과정에서 다수의 유해와 다양한 유품이 발굴되었고, 이 중 신원이 확인된 유해를 유가족의 품으로 돌려 보내는 성과를 얻기도 했다.

이러한 유해 발굴의 절차는 현장답사 및 참전용사 증언 확보 등이 이루어지는 1단계 발굴 준비, 정밀 발굴 및 수습, 피아식별, 기록화 등이 이루어지는 2단계 발굴 및 수습, 기초 및 정밀 감식과 유전자 검사 등을 통해 신원 확인이 이루어지는 3단계, 합동 봉안 및 안장, 해당국 인계 등의 절차가 이루어지는 후속 조치 4단계, 유가족 DNA 채취와 전사자 유해 발굴의 홍보를 위한 5단계 대국민 홍보로 이루어지고 있다(주경배 2014: 228).

이같이 유해의 발굴 및 후속 조치는 체계적인 관리와 보존이 이루어지고 있는 반면에 발굴 과정에서 출토되는 유품은 유해와 동반 출토되는 유해 유품일 경우에 피아식별 또는 신원 확인에 필요한 정보를 취득하는 용도로만 활용되고 있으며, 유품의 보존·관

리, 활용적인 관심도는 상대적으로 매우 낮다. 특히 발굴지역에서 유품만 단독으로 발굴되는 지역 유품의 경우 수량이 많고 피아식별 또는 신원 확인을 할 수 없다는 이유로 관심도 및 중요도가 낮다고 판단해 별도의 보존·관리되지 않고 출토 상태로 전시되거나 수장고에 보관되고 있었다.

이렇게 보존·관리가 미흡하게 이루어지고 있었던 출토 유품은 피아식별과 신원 확인을 위한 근거자료만이 아닌 전쟁 당시의 상황을 추정하고 군수 물품의 제작 기술 등을 판단할 수 있는 역사적 유산으로서 가치가 있어(김태산·김희동 2018: 1~17) 반드시 보존하고 관리되어야 한다.

이와 같은 유품의 중요성이 인식되기 시작하면서 2019년을 전후해 국가는 「6·25전사자 유해의 발굴 등에 관한 법률」을 제정해 전사자 유품에 대한 훼손을 금지하고 있으며, 발굴된 유해와 유품은 신원 확인 및 피아식별, 보존 관련 전시 및 교육 자료로 활용할 수 있도록 보존 조치를 규정하고 있다.

이러한 법률 제정과 규정을 기반으로 국방부 유해발굴감식단, 문화재청, 대학, 전문문화재수리업체 등을 통해 유품의 보존·관리가 체계적, 과학적으로 이루어지기 시작하였으며, 연구기관에서 단일 금속 유품의 보존 및 탈염처리 방법을 정립한 연구(조하늬 외 2021: 821~830), 대전 보훈 공원 전시실 소장 6·25 전사자 유품의 과학적 보존처리(양의진 외 2021: 122~132), 6.25 전사자 유해 발굴 현장 수습 유품의 과학적 조사 및 보존처리(양해원 외 2020: 96~107), 지상작전사령부 소장 지역 유품의 보존(박민선 외 2022: 144~153) 등의 학술적 성과도 발표되고 있다.

그러나 현재까지 이루어진 연구는 금속 재질의 유품에 대한 보존과학적 결과를 제외하면 다양한 유품의 연구자료 및 보존에 대한 기초 자료를 확보하는 단계로 판단된다. 이를 기초로 각각의 유품별 보존처리에 대한 심도 있는 연구와 과학적 보존처리, 보존재료 및 기술의 적용이 필요하다고 사료된다.

이에 본 연구에서는 비무장지대 출토 유품 중 2점의 군화류에 대해 과학적 보존처리를 진행하였으며, 3차원 디지털(이하 3D) 기술을 활용해 군화류의 내부 사이즈를 추정하고 3D 출력 구조체를 이용한 보존 기술에 대한 적용 가능성을 확인해보고자 한다. 또한 보존처리된 유품을 통해 다양한 종류의 전투화, 방한화 등의 군화류 유품에 대한 보존 방법을 정립해 보고자 한다.

II. 대상 유품

2점의 군화류는 강원도 비무장지대 내 화살머리고지에서 출토된 유품으로 1점은 압력에 의해 형태가 눌려진 상태이며(이하 군화1), 다른 1점은 밑창과 윗부분이 분리된 상태이다(이하 군화2). 군화1은 고무로 된 밑창과 굽이 있는 2단 구조로 이루어져 있으며, 격자무늬 패턴이 지그재그 형태로 남아있는 밑창과 일자형 홈이 패여져 있는 굽의 형태를 확인하였다. 발등과 발목 부분을 보호해주는 윗부분은 가죽 재질로 제작된 것으로 확인되거나 찢어지고 결실된 부분이 많으며, 토압 등의 매

장환경에 의해 압력이 가해진 상태로 출토되어 전체적인 형태를 확인할 수 없다. 그러나 밑창과 연결된 하부와 서로 다른 재질로 이루어진 것으로 보아 일반 전투화로 보기에는 어려움이 있으며, 기능성이 부여된 전투화로 추정되어 향후 처리과정에서 확인이 가능할 것으로 판단된다. 유품의 상태는 매장환경과 출토과정에서 고착된 흙과 이물질 등에 의해 손상되어 있으며, 전투화 끈 켈 수 있는 아일렛(eyelet)과 밑창에 'Made in USA'가 표기되어 있는 것을 확인하였다(그림 1A, 1B).

군화2는 고무로 된 밑창과 굽이 있는 2단 구조로 이루어져 있으며, 일자형 홈이 패여져 있고 밑창 전체에 격자무늬 패턴이 층을 이루고 있다. 발등과 발목 부분을 보호해주는 윗부분은 분리된 상태이며, 밑창과 윗부분 모두 토압 등의 매장환경에 의해 눌려진 상태로 출토되었음을 알 수 있다. 군화2 역시 밑창과 윗부분이 서로 다른 재질로 이루어져 있어 일반 전투화가 아닌 기능성이 부여된 방수 또는 방한용 전투화로 추정되어지나 복원 후 정확한 형태를 확인하고 군화의 용도를 판단할 수 있을 것으로 확인된다(그림 1C, 1D).



그림 1 연구 대상 유품 A: 군화 1 윗면, B: 군화1 바닥면, C: 군화2 윗면, D: 군화2 바닥면



Ⅲ. 적용 기술 및 재료

1. 3D 기술

전투화 내·외부의 3D 모델링 데이터를 확보하기 위해 3D 스캐너(EinScan Pro+, Shining 3D, China)를 이용하였으며, 스캐닝은 턴 테이블을 사용하여 유품의 모든 부분을 스캐닝하고 점군 데이터를 획득한 후 잉여 데이터를 제거, 점군 데이터를 3D 폴리곤 데이터로 변환하였다. 메시화 과정은 소프트웨어 상에서 자동으로 진행되며 3D 폴리곤 모델을 스캔 유품과 비교하여 최종 데이터를 확인하였다. 획득한 모델링 데이터를 기반으로 전투화 내부의 구조를 확인하고 3D 프린팅을 위한 모델링 및 후처리는 3D 모델링 프로그램(Geomagic Freeform, 3D System, US)을 사용하였다. 모델링이 완료된 후 전투화의 보존을 위해 지지대용 3D 구조체를 제작하였으며, 3D 프린터(B420, STELLA MOVE, Korea) 기기를 활용해 출력을 진행하였다.

2. 세척제 및 유연제

유품의 보존처리를 위해 세척제와 유연제를 제조하여 사용하였으며, 가역성과 유품의 안정성을 고려해 화장품 제조 성분을 기초로 하여 배합하였다. 세척제는 글리세롤과 에틸 알코올을 1 : 1 비율로 혼합하여 유품 표면에 고착되어 있는 오염물을 제거하는데 용이하도록 액상형으로 제조해 사용하였다. 유연제는 유품의 원형을 복원하기 위해 가죽 표면에 도포되어진 상태를 유지해주어야 하기 때문에 크림형으로 제조하였으며, korea similac사의 Butylene Glycol, Xanthangum, Distilled Water, Cetearyl Olivat, Cetyl alcohol, Olive Oil을 이용해 Butylene Glycol과 Xanthangum을 혼합한 후 Heating Mantle을 70℃로 유지시켜 350rpm으로 교반하면서 Distilled Water와 Cetearyl Olivat, Cetyl alcohol, Olive Oil을 순차적으로 혼합해 제조하였다(양해원 2021: 25~27).

Ⅳ. 3D 기술 적용

1. 3D 모델링

군화2를 3D 스캐너로 스캔 후(그림 2A) 모델링 데이터를 확보하여 전투화 밑창의 단면 형태를 확인하기 위해 발등과 발목 부분을 제거하였다(그림 2B~2D). 제거 후 군화 내부 바닥면의 제원을 측정된 결과 길이 약 292.3mm, 높이 약 135.4mm, 폭 약 107.4mm로 확인되었으며, 군화1도 동일한 방법으로 진행 후 측정된 결과 길이 약 297.7mm, 높이 약 78.5mm, 폭 약 116.3mm의 크기를 확인할 수 있었다(그림 2E).

제원 측정 결과를 바탕으로 발 사이즈를 추정하였으며, 전투화의 밑창 단면 형태에 맞게 커브를 생성하였다(그림 2F). 생성한 커브를 엠보스 기능을 이용하여

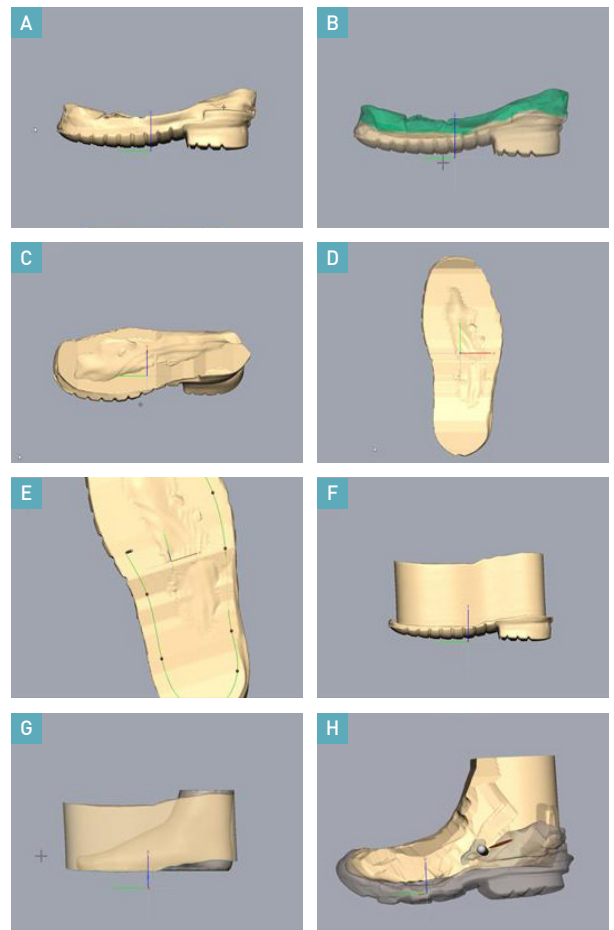


그림 2 3D 모델링 과정 A: 3D 스캐닝, B: 발등과 발목부분 선택, C: 발등과 발목부분 제거 후, D: 밑창 내부 바닥 면, E: 커브를 생성, F: 엠보스 생성, G: 엠보스 분리 후 발 모델링, H: 스컬프트 클레이

높게 올려주고(그림 2H), 커브를 밑창과 분리시킨 후 스킵클레이를 활용하여 발 형태로 모델링을 진행하였다(그림 2G). 프린팅 과정에서 출력물의 무게를 줄이고 유연성을 더해주기 위해 원통형 피스를 활용하여 발바닥 부분은 아치 형태로, 발목과 종아리 부분은 내부의 구멍을 내어 추가적인 모델링을 진행하였으며, 일체형으로 출력 시 눌러져 있는 균화에 삽입하기가 어려울 수 있어 발등 부분을 분리하고 발목 부분을 대각선으로 분리해 모델링을 마무리하였다.

2. 3D 출력 구조체

모델링 한 데이터는 적층형 3D 프린터를 이용하여 출력을 진행하였으며, 직경 0.6mm와 경도 80A의 TPU 필라멘트를 사용하였다(그림 13). TPU 필라멘트는 열가소성 폴리우레탄 탄성체로 프린팅 후 구조체의 탄성과 유연성을 확보할 수 있어 압력에 의해 눌러진 균화 내부로 삽입하기에 최적화된 재료로 판단되어 출력을 진행하였다. 출력 조건은 노즐 직경 0.6mm에 60℃로 가열된 조형판에 적층하였으며, 레이어 높이가 0.2mm, 프린팅 스피드 20mm/s, 노즐 온도 225℃로 프린팅 하였다. 내부 패턴은 Octet 3차원 패턴을 설정하였으며, 내부 채움율은 소재 자체의 탄성과 유연성이 존재하기 때문에 채움율은 구조체의 형태 유지와 자체 강도를 확보할 수 있는 30%로 출력하였다. 출력된 지지대용 구조체의 거친 표면과 요철은 우드 버닝 툴과 샌드페이퍼를 이용하여 후처리를 진행하였으며, 구조체를 유품의 손상 없이 내부로 삽입하기 위해 분리하여 보존



그림 3 3D 출력 구조체

처리 시 유연제 처리 후 형태 복원을 위해 적용하였다(그림 3).

V. 보존처리

1. 오염물 제거 및 유연제 처리

보존처리 대상 유품은 육안관찰 및 사진 촬영 등을 실시 한 처리 전 조사를 참고하여 이물질 제거를 수행하였다. 유품의 열화로 인하여 표면이 약화 된 상태이고 오염물과 유품 표면의 구분이 어려운 부분이 있어 소도구를 이용한 건식세척 후, 증류수와 붓, 면봉으로 1차 습식세척을 진행하였다. 습식세척 후 잔존해 있는 이물질 및 흡과 내부 틈에 고착된 이물질을 제거하기 위해 세척제를 제조하여 2차 세척을 진행하였으며, 세척제는 글리세롤과 에틸 알코올을 1 : 1 비율로 혼합하여 3일간 침적 후 세척하였다(그림 4A).

매장환경에서의 토압과 열화로 형태의 복원이 어려운 가죽에 유연성을 부여하기 위하여 제조한 유연제를 사용해 유품 표면과 내부에 도포한 후 형태 복원을 위한 유연성이 회복될 수 있도록 약 20 일 동안 침적하였다. 유연제에 사용된 천연성분의 왁스는 안정성이 뛰어나며 침투력이 높은 고보습의 유화제로, 산화를 방지하는 올레산이 포함된 오일과 혼합되어 침투 후 잘 굳지 않는다는 점이 특징적이다. 이러한 원료는 천연 화장품 및 보습제의 원료로도 사용되고 있어 유품을 처리하는데 안정성을 확보할 수 있는 재료로 판단되어 적용하였다(그림 4B). 연화가 완료된 균화는 에틸 알코올과 증류수를 1:1로 혼합한 세척제를 이용해 유연제를 제거하고, 형태를 고정시킨 후 상온에서 약 3일



그림 4 표면 오염물 제거 및 유연제 처리 A: 세척제를 이용한 표면 이물질 및 오염물 제거, B: 유연제를 이용한 유연성 복원 처리



간 건조하였다.

2. 형태 복원

유연제 처리 후 형태 복원은 3D 프린터기로 출력한 발 모양의 구조체를 이용해 진행하였으며, 발 앞부분부터 순차적으로 구조체를 삽입한 후 면 끈으로 고정해 형태를 복원해 주었다. 군화의 끈이 메어져 있다는 가정하에 2점의 유품 모두 발목 부분을 고정해주었으며, 발 등과 밀창 부분은 열화로 인해 더 이상 형태 복원이 어려운 부분은 유품에 손상이 일어나지 않는 범위에서 형태 복원을 진행하였다(그림 5A, 5B). 형태 고정 작업은 10 일간 진행되었으며, 밀창과 발목 부분이 분리된 경우 향후 제거가 가능한 나일론실을 이용해 바느질로 연결해 주었다(그림 5C).



그림 5 형태 복원 과정 A: 3D 구조체 적용 형태복원, B: 형태 복원 후, C: 분리된 유품 연결 및 고정, D: 메움 및 고색처리

열화되어 찢겨진 부분의 접합은 아크릴계 접착제와 시아노아크릴레이트계 접착제를 이용해 진행하였으며, 멸실된 부분의 메움처리는 실리콘계 메움제와 레더 필러를 사용해 처리하였다. 메움처리 후 원 유품 표면과 유사한 형태로 표현하고자 모터툴 및 사포(#120, #400)를 사용하여 성형하고, 표면 처리 후 아크릴 물감을 이용해 붓과 스펀지 등으로 고색처리 하였다(그림 5D). 보존처리가 완료된 유품은 처리 전 상태와 비교하기 위해 처리 전 사진과 동일하게 처리 후 사진을 촬영하고 처리 과정과 사용 약품 및 기기, 처리



그림 6 처리 완료된 유품 A: 군화1, B: 군화2

과정에서 발견된 유품의 정보 등을 상세히 기록으로 작성해 처리를 완료하였다(그림 6A, 6B).

VI. 보존과학적 고찰

본 연구는 훼손된 전쟁 유품의 형태 복원을 위해 3D와 보존 기술을 적용한 사례로 원형이 복원된 유품의 구조와 기능을 밝혀낼 수 있었으며 나아가 유품의 명칭까지도 추정해냈다는데 결과에 의의가 있다고 할 수 있다. 특히, TPU 프링팅 재료를 이용한 구조체 적용은 실제 사람의 발을 모델링하고 유연성을 가지는 구조체를 지지대로 사용함으로써 착용 당시의 군화 형태에 가깝게 복원해 볼 수 있었던 연구로 사료된다. 또한 형태 복원을 위해 적용된 유연제는 보습제의 원리를 이용해 손상된 가죽의 원형을 회복할 수 있도록 해주었으며, 천연 소재를 기반으로 한 보존 재료의 배합 기술과 적용 가능성을 보여준 연구로 판단된다.

이렇게 복원된 군화는 1944년에 도입된 새로운 모델의 방수 부츠임을 추정할 수 있었으며(국방부 유해



그림 7 Shoe Pac(12-inch, M-1944) 방수 부츠

발굴감식단 2017: 218~219), <그림 7A, 7B>의 슈팩 방수 부츠와 유사함을 확인하였다. 또한 2가지의 조각을 붙여 만든 윗부분과 방한화를 안정적으로 조정해 주는 역할인 굽 위쪽의 뼈대와 같은 유사한 양상이 이를 뒷받침해주었다. 그러나 밑창의 패턴이 다르고 앞쪽 부분의 곡선 형태가 각기 다른 것으로 확인되어 한 켤레가 아닌 2종의 방한화 중 1짝씩 혼재되어 출토된 것으로 추정된다.

반면에 컴퓨터단층촬영 등을 통해 군화의 내부 구조를 확인하지 못한 점과 3D 스캐닝 및 모델링 과정에서의 발 사이즈 추정은 객관성을 확보하기에는 미흡함이 있었던 것으로 사료된다. 그러나 정밀한 치수에 의한 3D 출력 구조체의 제작보다는 훼손되어 형태를 확인할 수 없는 군화의 형태복원에 중점을 두고 진행한 연구임을 밝히고자 한다. 또한 형태 복원을 위해 적용된 유연제의 경우 보습성을 가지는 천연 재료를 혼합하여 제조한 것으로 유해성이 극히 낮다고 판단되지만 보존처리 후 재료의 안정성과 유품에 미치는 장기적인 보존성, 신뢰성 등을 제시하지 못한 점은 본 연구의 미진한 점으로 남으며, 이에 대한 지속적인 연구를 진행해 보고자 한다.

VII. 결론

국방부 유해발굴단을 통해 발굴된 전사자 유품의

보존 방법론을 제시하고자 3D 기술의 적용과 가역성 및 안정성이 우수한 보존 재료를 이용해 군화류 2점에 대한 보존처리를 진행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 3D 스캐닝을 통해 군화의 내·외부 형상을 정확히 파악할 수 있었으며, 모델링 과정에서 군화의 내부 사이즈를 확인하여 군화를 신었던 전사자의 발 사이즈를 추정해 볼 수 있었다. 이를 기반으로 3D 프린팅 출력 구조체를 이용해 원형에 가깝게 복원이 이루어졌으며, 이는 3D 기술의 적용 가능성을 확인하고, 유품 보존의 새로운 처리 방향성을 정립할 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것으로 보여진다. 또한 발 사이즈의 추정은 유전자 검사를 통한 신원 확인과 더불어 전사자의 체격 조건 등을 유추할 수 있는 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 군화류 유품의 보존을 위해 사용된 세척제와 유연제는 천연물질 기반의 재료로서 보존처리 시 사용성, 안정성, 가역성 등의 재료적 효과를 확인하였다. 이는 다양한 국가와 용도별 군화류 모두를 포함하는 보존 재료인지에 대한 연구는 지속적으로 필요하지만 고무류와 합성가죽류로 제작된 군화류의 보존처리 시에는 적용이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 결과는 다양한 재질로 이루어진 전쟁 유품의 보존처리 시 재료의 다양성을 확보해야 하고, 각각의 재질에 최적화된 보존 재료가 적용되어야 한다는 것을 의미한다.

셋째, 문화유산 보존을 위해 3D 기술과 과학적 보존처리 기술이 융합되어 이루어진 사례로서 처리 후 밑창과 발등 부분은 고무류, 발등 일부와 발목 부분은 합성가죽류로 제작된 군화류임을 확인할 수 있었다. 이러한 군화는 방수 또는 방한의 목적으로 제작된 것으로 1944년에 도입된 모델 슈팩(M-1944, 12-inch) 방한화와 유사한 군화임을 확인하였다. 이는 보존처리를 통해 출토된 유품의 제작기법과 재질, 용도 등을 밝혀낼 수 있음을 확인하고, 이러한 자료를 바탕으로 군사사적 연구 및 유품의 인문학적 연구에 기초 자료가



될 수 있을 것으로 사료된다.

이와 같은 결론은 전사자의 유전자 감식을 통한 신원 확인 중심으로 이루어져 오던 유해 발굴이 유품을 통한 전사자의 체형이나 체격 등을 추정할 수 연구의 기초가 될 수 있으며, 이는 과학적 보존처리와 3D 기술의 융합적 연구의 중요성을 다시 한 번 재고할 수 있는 기회로 판단된다. 또한 유해발굴단이 창설된 지 약 15년이 지난 현재 지역별 전시관 또는 자료관 등에 전시되어 있는 유품의 보존 인식을 개선하고, 향후 다양한 유품에 대한 지속적인 연구와 분석, 유품별 보존 방안의 표준화와 보존기술 및 재료의 정립이 이루어진다면 학술적, 역사적, 교육적 목적으로 전쟁 유품을 전시, 활용하여 한국전쟁의 의미를 다시 한 번 되짚을 수 있는 기초 자료가 될 것이며 본 연구가 시작점이라고 생각한다.

참고문헌

- 김태산 · 김희동, 2018, 「군부대 문화재 관리 및 보존에 관한 연구」, 『군사과학논집』 69(1), pp.1~17.
- 국방부 유해발굴감식단, 2017, 「6·25전사자 유품 자료집 2」, 『국방부 유해발굴감식단 유품분석실』, pp.218~219.
- 박민선 · 오승준 · 이호연 · 위광철, 2022, 「6·25전쟁 전사자 유품의 과학적 보존: 지상작전사령부 소장 지역유품 중심으로」, 『보존과학회지』 38(2), pp.144~153.
- 양의진 · 이희수 · 이준현 · 장보영 · 위광철, 2021, 「대전 보훈공원 전시실 소장 6·25 전사자 유품의 과학적 보존처리」, 『문화재보존연구』 18, pp.122~132.
- 양해원 · 이승연 · 박민선 · 이호연 · 위광철, 2020, 「6·25 전사자 유해 발굴 현장 수습 유품의 과학적 조사 및 보존처리」, 『문화재보존연구』 17, pp.96~107.
- 양해원, 2021, 「가족 보존처리에 관한 연구」, 한서대학교 대학원 석사학위논문, pp.25~28.
- 윤지원, 2021, 「비무장지대(DMZ), 화살머리고지 유해발굴사업의 의미와 성과」, 『군사저널』 9, pp.43~47.
- 조석근, 2009, 「6·25전사자 유해발굴사업이 함의한 정신적 가치 연구」, 『군사』 71, pp.291~319.
- 조하늬 · 남도현 · 김미현 · 이재성, 2021, 「비무장지대 한국전쟁 전사자 유해발굴 수습 철제 총기류의 보존처리와 탈염처리 방법 고찰」, 『보존과학회지』 37(6), pp.821~830.
- 주경배, 2014, 「6·25전쟁 전투지역별 전사자 유해발굴 현황과 질적 역량강화에 관한 연구」, 『군사연구』 137, p.228.



Application and conservation of 3D technology for the restoration of the original shape of military boots excavated in the DMZ

OH Seungjun Research Professor, The Research Center of Conservation Science for Cultural Heritage, Hanseo University
WI Koangchul* Professor, Dept. of Cultural Heritage Conservation, Hanseo University

*Corresponding Author: kcwi@hanseo.ac.kr

Abstract

Preservation processing for two combat boots was executed through application of 3-dimensional digital technology and with use of preservation materials providing outstanding reversibility and stability. The aim of this was to establish a method to preserve the relics of fallen Korean War soldiers that had been excavated by the soldiers remains excavation corps of the Ministry of National Defense. It was possible to estimate the foot size of the soldiers who would have worn the combat boots via 3-dimensional digital scanning and modeling of the boots. In this process, the original form of the combat boots was restored through the use of 3D-printed structures. The original form was restored through a process of removing contaminants from the excavated relics and performing a conditioning treatment, and through use of an antique-color treatment after bonding and filling in the sections that had been ripped or deteriorated. Following the aforementioned preservation processes, it was possible to confirm that both of the combat boots had soles and top sections made of rubber, and portions of the top section and ankle section of the boots were made of synthetic rubber. As such, it was confirmed that these were similar to the Shoe Pac(M-1944, 12-inch) winter boots that had been manufactured for the purposes of waterproofing and/or protection against cold, and introduced in 1944. Such results confirmed that it is possible to discover the manufacturing techniques, materials, and uses of relics excavated through application of preservation processing, thereby illustrating the importance of the convergent research of scientific preservation processing and 3-dimensional digital technology.

Keywords relic preservation treatment, 3D technology, shape restoration, softener, cleaning agent

Received 2023. 1. 18. | Revised 2023. 4. 21. | Accepted 2023. 5. 24.

