

안동지역 매장문화재 중 매장 지반재료의 공학적 특성

박형동 · 황지호 · 김성수

서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부, 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

Engineering Research on the Burial Ground Materials of the Buried Cultural Assets in Andong

Hyeong-Dong Park, Ji-Ho Hwang and Sung-Soo Kim

*School of Civil, Urban, and Geosystem Engineering, College of Engineering, Seoul National University
San 56-1, Sinrim-dong, Kwonak-ku, Seoul 151-742, KOREA*

초록 경북 안동시 정상동에서 발굴된 1560년대의 이명정과 그의 부인 일선 문씨의 시신이 바로 옆에 매장되었음에도 불구하고 부패정도가 큰 차이를 보이고 있는데, 그 원인을 공학적 측면에서 규명하였다. 연구지역 주변은 상당한 심도까지 잘 발달된 마사토 지반으로 인해 배수성이 우수하기 때문에 시신이 부패되지 않는 하나의 요인이 된 것으로 판단된다. 두 시신의 부패에 영향을 미치는 수분 및 공기 침투에 대한 방벽역할을 했을 것으로 판단되는 회곽물질을 대상으로 물리적 특성을 조사한 결과, 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 이명정 시신 주변 회곽물질보다 상대적으로 더 치밀하게 밀집된 구조로 밝혀졌으며, 이것은 주변 수분 및 공기로부터 시신을 밀폐시키는 정도가 훨씬 더 탁월했다는 구체적 증거가 된다. 비슷한 시기에 동일한 장소에 매장된 두 시신 주변의 회곽물질의 특성 차이를 유발시키는 원인을 규명하기 위해 두 회곽물질 내 함유된 광물분석을 실시한 결과 두 시료 내에 함유된 광물이 상이하였다. 이것은 두 회곽시료의 구성물질이 상이했음을 말해주며, 광물학적 관점에서 상대적으로 방해석을 더 많이 함유하면서 석고도 포함된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 밀폐환경 조성에 더 용이했을 것으로 판단된다.

ABSTRACT Although the mummies of Lee, Myeong-Jung and his wife whose family name is Moon, were buried in similar sites in 1560's, the degree of decay of the dead bodies and antiquities between two people were quite different. This study was focused on the cause of those differences in the view of engineering concept. Granular soil around the study site shows good drainage and such characteristic could be a factor of excellent conservation of dead body. From the physical characteristics of the material containing lime that is considered to be a barrier from water and air, it was observed that the material around dead body of the wife was more compact and denser than that of the husband. This may suggest that the former is better than the latter in keeping away from the water and air. To understand those differences of physical characteristics between two materials containing lime, minerals had to be identified from the two materials. It was revealed that material containing lime around dead body of the wife contains gypsum and more calcite, which could be the reason for better barrier preventing from water and air than that around the husband.

1. 서론

최근 택지개발 조성시나 묘지 이장작업 중에 무덤 속에서 미이리가 발견되어 화제가 되고 있다. 외국의 경우 미이리에 대한 보고 및 연구가 활발히 진행되고 있는데, 특히 이집트의 미이라는 그 역사가 아주 오래된 것으로 유명하다.¹ 최근에 발표된 대표적인 사례로는 1995년 11월 6일 조선일보²에 게재된 예로서 경기도 파주군 금촌읍 금릉리 산에서 조선시대 중종때 정5품 찬의를 지낸 정온의 시신과 당시의 의복 30여점이 매장될 당시의 원형 그대로 발견된 바 있으며, 또한 1998년 4월 8일 중앙일보³ 및 조선일보⁴ 등에 게재된 예로서 경북 안동시 정상동 택지개발 조성지역 내 야산에서 조선시대 선조때 전의감에서 벼슬을 지낸 이명정의 부인의 시신과 의류 30여점이 역시 원형 그대로 발굴된 바 있다. 이들 미이리들은 비슷한 시기에 매장된 다른 무덤들에서 시신 및 주위 물질들이 거의 부패된 상태로 발견되는 것과는 달리 온전한 상태로 보존되어 있어 그 원인에 대한 과학적인 규명이 요구되고 있다. 특히 경북 안동시에서 발견된 일선 문씨의 미이라는 이명정의 시신의 바로 옆에 매장되었는데, 이명정의 시신은 유골 일부만 남고 관도 완전 부패된 상태로 발굴되었는데 반해 일선 문씨의 미이라는 온전한 상태로 발굴되어 두 시신의 부패도 차이의 원인에 대한 과학적 규명이 사회적으로 크게 요구된 바 있으며, 본 연구도 이러한 목적으로 수행되었다.

고성 이씨 문중의 족보에 의하면 이명정은 1563년에 사망한 것으로 기록되어 있고, 그의 아내인 일선 문씨는 남편보다 먼저 사망(1560년대에 사망)한 것으로 나타나 있다. 그리고 이들 시신 매장시 사용된 관 및 주변 지반재료 물질은 두 시신 모두 우리나라 소나무로 만든 목관에 넣고 그 주변을 석회질을 포함한 회곽으로 두르고 있었다. 안동대학교 박물관은 목관을 둘러싼 회곽이 주변 습기 침투를 막는 중요한 역할을 하였고, 두 시신의 부패도 차이의 원인은 이 회곽의 석회분 배합이 서로 달랐기 때문으로 추정하였다.^{3,4} 세종실록 지리지나 국조오례의 등의 문헌에는 당시의 매장 풍습의 변화가 기록되어 있는데, 세종때 양반들 사이에서 나무뿌리, 벌레 및 뱀으로부터 시신을 보호

하기 위해 석곽을 회곽으로 대체하지는 논의가 있었고, 조선 중기때에는 회곽이 서민들에게까지 권장된 것으로 기록되어 있다.⁵

본 연구에서는 시체 부패에 영향을 미치는 수분 침투와 관련된 두 회곽의 물리적 특성과 두 회곽 내 함유광물 등을 조사함으로써, 궁극적으로 두 시신의 부패도 차이의 원인을 과학적으로 규명하고자 한다. 이 연구는 매장 지반재료에 대한 규명으로 당시 매장 문화에 대한 이해에 일조할 것으로 기대되며, 장기간동안 안정된 매장재료의 특성에 대한 기본적인 자료로 활용 가능할 것이다.

2. 연구지역의 지질 및 지반환경

연구지역 부근의 지질은 선캠브리아기의 각종 변성암류와 이를 관입한 중생대 흑운모화강암으로 구성되며 신생대 제4기 충적층이 이들을 부정합으로 피복하고 있다.⁶

연구지역 부근에 광범위하게 분포하는 흑운모화강암은 선캠브리아기의 변성암체를 관입하고 있는데, 육안 관찰에 의하면 부분적으로 홍색장석이 함유되어 있으며, 유색광물은 주로 흑운모나 소량의 각섬석이 발견된다. 본역 하부에 광범위하게 분포하는 화강암질편마암은 중립질 내지 조립질로서 곳에 따라 유색광물이 대단히 적어 유백색을 띠고 약한 편리가 발달되어 있다. 또한 화강암질편마암과 연구지역의 서쪽으로 분포하는 흑운모편마암은 엽상구조가 잘 발달되어 있고 부분적으로 호상구조도 발달되어 있다. 한편, 주향과 경사는 인접하고 있는 편암 및 화강암질편마암과 대체로 평행하게 발달되어 있다. 또한 신생대 4기 충적층이 이들을 부정합으로 피복하면서 저지대에 분포하고 있다.⁶

연구지역 부근의 토질 구성을 지표로부터 각 심도별로 살펴보면 지표~0.4 m 구간은 표토층으로 갈색의 실트질 모래로 구성되고, 0.4~7.5 m 구간은 풍화잔류토층으로 갈색의 완전 풍화된 상태의 실트질 모래로 구성되며, 7.5~17.5 m 구간은 풍화암층으로 높은 정도의 풍화상태를 보이는 갈색의 실트질 모래로 구성되고, 17.5 m 이하 구간은 연암층으로 회갈색 암반이 관찰되고 있다.⁶ 따라서 이 지역은 특히 마사토 지반이 상당한 심도까지 잘 발달됨으로 인해 배수성이 우수하여 시신이 부

패되지 않는 하나의 요인이 되고 있다.

3. 시료채취 및 분석

안동시 정상동의 미이라 발굴 현장의 모식도는 Fig. 1과 같다. 이곳에서 발굴된 두 시신의 부패 정도의 차이는 시신의 부패에 직접적으로 영향을 미치는 수분의 침투 정도의 차이 때문으로 생각되었기 때문에, 두 시신의 목관을 둘러싸고 있는 회곽물질 중 일부를 시신별로 구분하여 각각 채취하였다. 즉, M_{LMJ} 는 이명정 시신 주변을 둘러 쌓았던 회곽물질 시료이고, M_{ISM} 은 일선 문씨 시신 주변을 둘러 쌓았던 회곽물질 시료이다(Fig. 1).

채취한 회곽시료에 대한 분석방법 및 절차를 도시하면 Fig. 2와 같다. 먼저 현장에서 일선 문씨 시신 주위의 회곽 중 한쪽면이 그대로 보존되어 있었기 때문에 이 회곽물질을 대상으로 Schmidt hammer를 이용하여 현장강도를 측정하였다. 그리

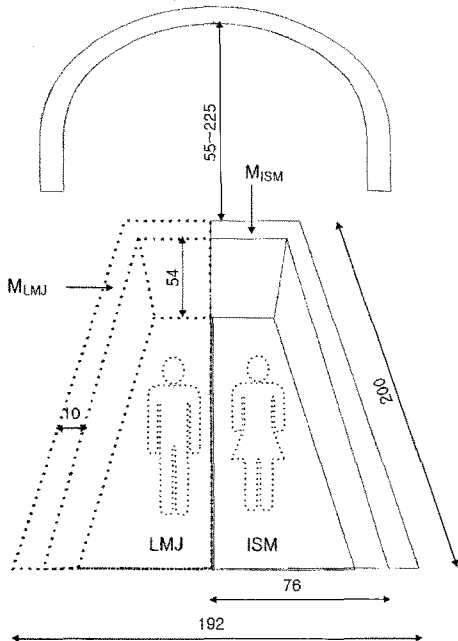


Fig. 1. Sketch map of the grave containing a naturally preserved body excavated from the Qndong city(unit in cm)
 $(M_{LMJ}$: containing mixture arounding the mummy of Lee, Myong-Jung
 M_{ISM} : Lime-containing mixture arounding the munny of his wife whose family name is Moon.

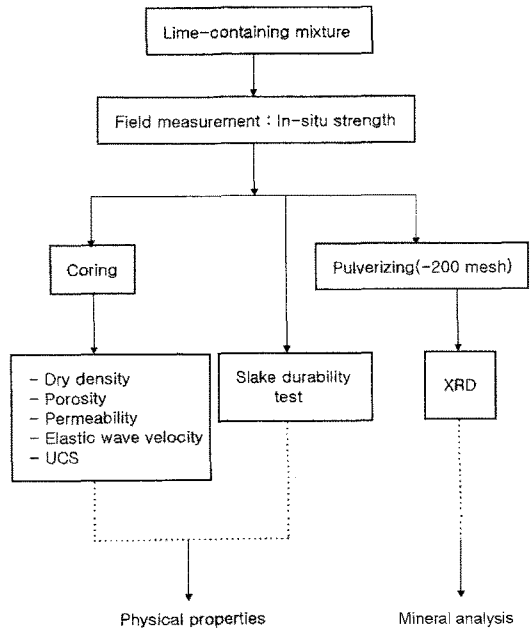


Fig. 2. Diagram showing the procedure of preparation and analysis of the lime-containing mixture samples.

고 채취된 M_{LMJ} 와 M_{ISM} 시료를 대상으로 실험실에서 시체 부패에 직접적으로 영향을 미치는 수분 침투와 관련된 물리적 특성과 함유광물을 조사하였다. 물리적 특성은 먼저 두 시료에 대해 코어상태(이명정 주변 회곽물질 코어시료 : 직경 34.6 mm, 길이 57.9 mm; 일선 문씨 주변 회곽물질 코어시료 : 직경 34.7 mm, 길이 60.5 mm)로 정형화한 후 건조밀도와 공극률을 측정하였고, portable minipermeameter를 이용해 투수계수를 측정하였으며, 탄성과 전달속도와 단축압축강도(UCS : Uniaxial Compressive Strength)를 측정하였다. 또한 slake durability test 장비를 이용하여 두 시료의 풍화내도를 측정하였다. 그리고, 이들 두 시료중 일부를 각각 분쇄하여 X선회절분석(XRD)을 이용한 광물감정을 실시하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 물리적 특성

가. 현장경도측정
 현장에 그대로 보존된 일선 문씨 시신 주변의

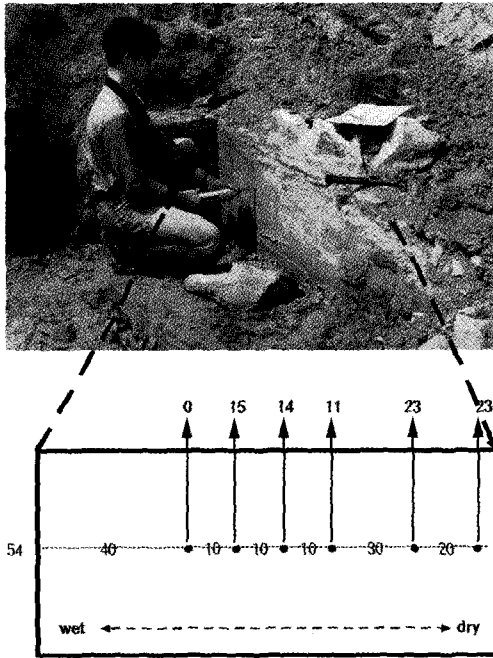


Fig. 3. Result of the measurement of the in-situ strength using Schmidt hammer (● : target points, unit in cm).

회곽 중 서쪽 측벽의 남북방향으로 Schmidt hammer를 이용해 현장경도를 측정하였다(Fig. 3). Schmidt hammer를 이용한 경도측정 방법은 대상 시험재료의 반발경도를 측정하는 것으로서, hammer를 시험면에 대고 누르면 규정 에너지 수준에서 스프링에 의해 시험면에 충격이 가해진 뒤 얻어진 rebound된 높이로써 경도를 측정하는 방법이다. 측정된 결과는 역시 습윤한 상태인 서쪽 측벽의 남측부에서는 rebound된 높이가 상대적으로 낮았고, 건조한 상태인 북측부로 갈수록 rebound된 높이가 높게 나타났는데, 북측부에서의 rebound된 높이는 21 cm 이상이었다. 이 값을 화강암의 풍화도에 따른 Schmidt hammer 값에 의한 분류⁷⁾에 적용해 보면 보통 풍화(moderately weathered)와 심한 풍화(highly weathered) 사이의 값에 해당 되는데, 원래 암석이 아닌 여러 물질을 배합해 제조된 회곽물질로서는 상당히 높은 값으로 사료된다.

나. 건조밀도

먼저 채취된 두 회곽시료 중 일부를 코어상태로 정형화한 후 건조질량과 부피를 각각 측정해 두 시료의 건조밀도를 측정했는데, 건조질량은 전기로를 이용해 105°C에서 24시간 이상 충분히 건조시킨 후 측정하였다. 측정된 건조밀도는 M_{LMJ} 시료가 1.82 g/cm^3 로, M_{ISM} 시료는 1.85 g/cm^3 로 각각 측정되어, 부패되지 않고 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질의 건조밀도가 상대적으로 더 높게 측정되었다.

다. 공극률

본 연구에서 공극률은 외부에서 유체가 침투할 수 있는 공극만을 고려한 유효공극률을 측정하였는데, 가스가압충진 방법을 이용해 측정하였다. 측정된 공극률은 M_{LMJ} 시료가 29%로, M_{ISM} 시료는 19%로 각각 측정되어, 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 상대적으로 더 치밀한 구조를 가지는 것으로 측정되었다.

라. 투수계수

투수계수는 시료 내부를 단위시간당 통과하는 유체의 양으로서 유체의 성질, 시료의 공극률과 공극의 형태, 균열의 존재여부 등에 영향을 받는다. 본 연구에서는 두 회곽시료로부터 제작된 코어시료를 대상으로 portable minipermeameter를 이용해 point 별로 투수계수를 반복적으로 측정하였고 이에 대한 평균값을 구하였다. 측정된 투수계수는 M_{LMJ} 시료가 0.18 md로 측정되었는데 반해 M_{ISM} 시료는 0.01 md 이하로서 분석한계허용치 이하로 측정되어, 역시 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 상대적으로 더 치밀한 구조를 가지는 것으로 측정되었다.

마. 탄성과 전달속도

대상 시료의 입자들이 얼마나 치밀하게 밀집되어 있는가를 알아보기 위하여 시험재료의 비파괴 시험법으로 많이 활용되는 탄성과 전달속도를 측정 한 결과, M_{LMJ} 시료가 1836 m/sec로, M_{ISM} 시료는 2512 m/sec로 각각 측정되어, 역시 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 상대적으로 더 치밀하게 밀집된 구조를 가지는 것으로 측정되었다.

바. 압축강도

두 코어시료를 대상으로 UCS (Uniaxial Compressive Strength)를 측정 한 결과, M_{LMJ} 시료가 46 kg/cm^2 으로, M_{ISM} 시료는 314 kg/cm^2 으로 각각 측정되어, 역시 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질의 강도가 상대적으로 훨씬 더 높게 측정되었다.

사. 풍화인내도

Slake durability test 장비(ISRM 표준규격)를 이용하여 두 시료의 풍화인내도를 측정하였는데, 이 실험은 암석이 토양입자로 얼마나 변하였는가를 확인하는데 많이 사용되는 방법이다. 즉, 그물구조

의 원통드럼에 넣은 시료를 물과 접촉하며 회전하게 하여 건조와 침수의 두가지 표준 사이클에 대한 암석시료의 약화 및 분산화 저항을 측정하게 되는데, 풍화인내도가 크면 조적이 치밀하고 단단한 재료임을 의미한다. 본 실험에서 사용한 조건은 채취된 두 시료별로 무게 40~60 g의 덩어리 시료를 10개씩 각각 준비하여(각 시료별 전체 중량은 450~550 g임) 원통드럼을 20 rpm으로 10분간 회전시키는 것을 1 cycle로 하여 2회 실험하였다. 실험 결과는 Fig. 4와 같은데, M_{LMJ} 시료는 1회 실험 후 약화 및 분산된 시료가 약 30%로, 2회 실험 후 약 50%로 측정되었는데 비해 M_{ISM} 시료는 1회 및 2회 실험 후에도 약화 및 분산된 시료가 5% 미만으로 측정되어, 역시 상대적으로 더 치밀하고 강도가 더 높은 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 풍화에 대한 인내도가 상대적으로 훨씬 더 높게 측정되었다.

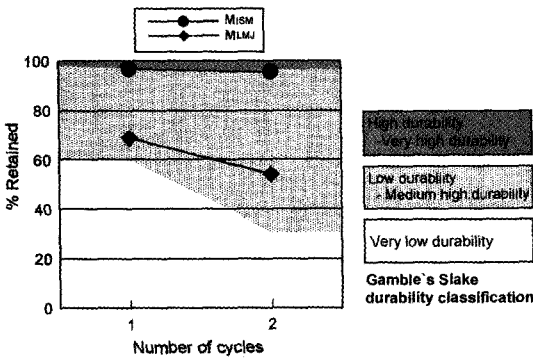


Fig. 4. Result from Slake durability test.

4.2. 함유광물

채취된 두 회곽시료 내에 함유된 광물을 조사하기 위하여 X-선회절분석(XRD)을 실시하였는데, 그 결과는 Fig. 5와 같다. 두 시료 모두 석영, 방해석 및 알바이트(albite)를 함유하고 있는데, 특이한 것은 M_{LMJ} 시료에서는 거의 함유되지 않은 석고가 M_{ISM} 시료에 함유되어 있는 것이다. 또한 두

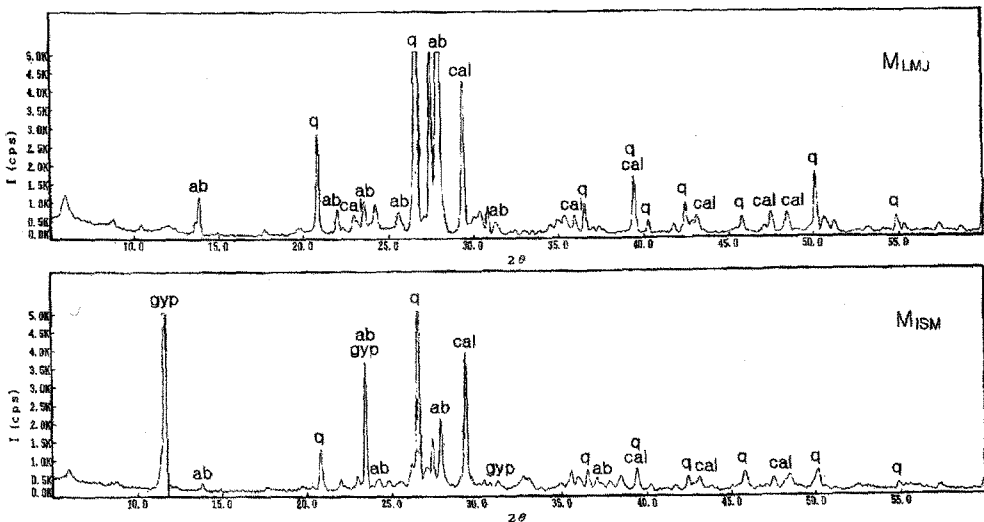


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of lime-coating mixture around the bodies of Lee, Myeong-Jung(M_{LMJ}) and his wife whose family name is Moon(M_{ISM}). (q : quartz, cal : calcite, ab : albite, gyp : gypsum)

시료내에 존재하는 각 광물의 회절피크의 강도를 확인한 결과 M_{LMJ} 시료는 M_{ISM} 시료에 비해 상대적으로 더 많은 알바이트를 함유하고, 상대적으로 더 적은 방해석을 함유하는 것으로 나타났다. 이것은 두 회곽시료의 구성물질이 상이했음을 말해 주며, 광물학적 관점에서 상대적으로 방해석을 더 많이 함유하면서 석고도 포함된 M_{ISM} 시료가 밀폐환경 조성에 더 용이했을 것으로 판단된다.

4.3. 종합적 고찰

본 연구에서는 경북 안동시 정상동에서 발굴된 이명정과 그의 부인 일선 문씨의 시신이 바로 옆에 매장되었음에도 불구하고 부패 정도가 큰 차이를 보이고 있는데, 그 원인을 공학적 측면에서 규명해 보았다.

먼저 연구지역 주변의 토질 구성은 마사토 지반이 상당한 심도까지 잘 발달되어 있는 것이 그 특징인데, 이 마사토 지반은 배수성이 우수하기 때문에 시신이 부패되지 않는 하나의 요인으로 판단된다.

시신의 부패 정도의 차이는 시신이 주변 수분이나 산소 등으로부터 얼마나 밀폐되어 있는가가 중요한 열쇠이므로 시신 주변 물질 중 밀폐역할을 가장 잘 했을 것으로 사료되는 회곽물질을 두 시신별로 각각 채취하여 수분 및 공기 침투와 직접적으로 관련된 물리적 특성을 조사하였고, 두 회곽물질 내 함유된 광물도 분석하였다.

채취된 M_{LMJ} 시료와 M_{ISM} 시료에 대해 측정된 물리적 특성을 종합적으로 정리하면 Table 1과 같다. 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 이명정 시신 주변 회곽물질보다 상대적으로 건조밀도가 높고, 유효공극률이 낮으며, 투수계

Table 1. Summary of physical characteristics of the lime-containing mixture around the bodies of husband, Lee, Myoung-Jung(M_{LMJ}) and his wife whose family name is Moon(M_{ISM}).

	M_{LMJ}	M_{ISM}
Dry density (g/cm^3)	1.82	1.85
Effective porosity (%)	29	19
Permeability (md)	0.18	<0.01
Elastic velocity (m/sec)	1836	2512
Uniaxial compressive strength (kg/cm^2)	46	314

수가 낮고, 탄성과 전달속도가 빠르며, 압축강도도 훨씬 높게 측정되었다. 이것은 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 상대적으로 더 치밀하게 밀집된 구조이기 때문에 주변 수분 및 공기로부터 시신을 밀폐시키는 정도가 훨씬 더 탁월했다는 구체적 증거가 된다. 또한 이러한 특성 차이 때문에 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 풍화에 대한 인내도도 훨씬 더 높게 측정되었다.

비슷한 시기에 동일한 장소에 매장된 두 시신 주변의 회곽물질의 특성 차이를 유발시키는 원인을 규명하기 위해 두 회곽물질 내 함유된 광물분석을 실시한 결과 두 시료 모두 석영, 방해석, 알바이트(albite)를 함유하는 것으로 나타났는데, 특이한 것은 M_{LMJ} 시료에서는 거의 함유되지 않은 석고가 M_{ISM} 시료에 함유되어 있는 것과 M_{LMJ} 시료는 M_{ISM} 시료에 비해 상대적으로 더 많은 알바이트를 함유하고 상대적으로 더 적은 방해석을 함유하고 있는 것이다. 석고($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)는 회반죽과 같이 건축산업에 널리 사용되며 시멘트, 석고보드 및 종이와 페인트 내 충전제 등으로 많이 사용되는 물질로서, 회곽물질 내에서는 주변 공기와 수분 침투를 막는 역할을 할 수 있다. 이상의 결과는 두 회곽시료의 구성물질이 상이했음을 말해 주며, 광물학적 관점에서 상대적으로 방해석을 더 많이 함유하면서 석고도 포함된 M_{ISM} 시료가 밀폐환경 조성에 더 용이했을 것으로 판단된다. 외국에서도 고대 건축용 모르타르의 강도를 향상시키기 위한 석회제조공정 기술에 대해 보고된 바 있는데,⁸ 이 연구에서는 특별한 처리(예 : Hot lime technology)를 거친 석회를 포함한 모르타르는 강도가 높아지며 이 모르타르 내 화학조성 및 함유광물 특성 등에 대해 보고하고 있다.

향후 두 시신 주변의 회곽물질의 특성 차이를 유발시키는 원인을 좀 더 명확하게 규명하기 위해 두 회곽물질에 함유된 원소들에 대한 정량분석과 매장 기술 및 공법에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

5. 결론

경북 안동시 정상동에서 발굴된 이명정과 그의 부인 일선 문씨의 시신이 바로 옆에 매장되었음에도 불구하고 부패 정도가 큰 차이를 보이고 있는

데, 그 원인을 공학적 측면에서 규명하면 다음과 같다.

(1) 연구지역 주변의 토질 구성은 마사토 지반이 상당한 심도까지 잘 발달되어 있는 것이 그 특징인데, 이 마사토 지반은 배수성이 우수하기 때문에 시신이 부패되지 않는 하나의 요인으로 판단된다.

(2) 두 시신의 부패에 영향을 미치는 수분 및 공기 침투에 대한 방벽역할을 했을 것으로 판단되는 회곽물질을 대상으로 물리적 특성을 조사한 결과, 온전한 상태로 보존된 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 이명정 시신 주변 회곽물질보다 상대적으로 건조밀도가 높고, 공극률이 낮으며, 투수계수가 낮고, 탄성과 전달속도가 빠르며, 압축강도도 훨씬 높게 측정되었다. 이것은 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 상대적으로 더 치밀하게 밀집된 구조임을 말해주며, 풍화에 대한 인내도도 일선 문씨 시신 주변 회곽물질이 훨씬 더 높게 측정되었다.

(3) 비슷한 시기에 동일한 장소에 매장된 두 시신 주변의 회곽물질의 특성 차이를 유발시키는 원인을 규명하기 위해 두 회곽물질 내 함유된 광물 분석을 실시한 결과 두 시료 모두 석영, 방해석, 엘바이트(albite)를 함유하고 있었다. 특이한 것은 M_{LMJ} 시료에서는 거의 함유되지 않은 석고가 M_{ISM} 시료에 다량 함유되어 있었고 M_{LMJ} 시료는 M_{ISM} 시료에 비해 상대적으로 더 많은 엘바이트를 함유하고 상대적으로 더 적은 방해석을 함유하고 있었다. 이것은 두 회곽시료의 구성물질이 상이했음에 대한 증거가 되며, 광물학적 관점에서 상대적

으로 방해석을 더 많이 함유하면서 석고도 포함된 M_{ISM} 시료가 밀폐환경 조성에 더 용이했을 것으로 판단된다.

6. 참고문헌

1. D. M. Wilson, *The collections of the British museum*, p 304., British Museum, London, UK (1993).
2. 조선일보, 450여년전 미이라 원형 그대로 발견, 1995년 11월 6일 사회면.
3. 중앙일보, 450년 된 미라 안동서 발굴, 1998년 4월 8일 사회면.
4. 조선일보, 450년전 조선중기 여자미라 발견, 1998년 4월 8일 사회면.
5. KBS, 시공을 초월한 인연.미라, 미스테리추적 27 회 방영 (1998).
6. (주)우대기술단 건축사 사무소, 안동정상지구 택지 개발사업 조사설계용역 토질조사보고서 p196 (1996).
7. S. G. Lee, and M. H., de Freitas, "A revision of the description and classification of weathered granite and its application to granite in Korea", *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **22**, 31-48 (1989).
8. A. Moropoulou, Th. Tsiourva, K. Bisbikou, G. Biscontin, A. Bakolas, and E. Zendri, "Hot lime technology imparting high strength to historic mortars", *Construction and Building Materials*, **10(2)**, 151-159 (1996).