

종묘 어도박석 관리를 위한 GIS 및 GPS 활용

이진영¹ · 홍세선^{1*} · 윤현수¹

GIS & GPS Application of Management of Granitic Flagstone from the Trifurcated Path at Jongmyo Royal Shrine, Seoul, Korea

Jin-Young LEE¹ · Sei-Sun HONG^{1*} · Hyun-Su YUN¹

요 약

서울에 위치하고 있는 종묘는 세계문화유산으로 등재되어 관리되고 있는 중요한 문화유산이다. 과거 종묘의 어도박석(임금이 지나갈 수 있도록 바닥에 깔은 얇고 편편한 돌)이 일부 훼손되어 복원을 위한 현황 조사 및 대체 부재가 분포하는 지역에 대한 연구가 진행되었다. 본 조사를 위하여 GIS 및 GPS 기술이 활용되었으며, 조사결과 종묘의 어도 박석은 사용된 부재가 총 2,361매로 나타났으며, 훼손된 것으로 나타난 부재는 총 1,158매로 나타났다. 현재 종묘의 어도박석으로 대체가능한 부재의 채석가능지역은 강화군에 위치한 석모도 일대이며 채석 가능한 박석의 양은 100,000매로 추정되었다. 본 조사를 통해 종묘 어도 박석의 복원에 필요한 위치정보 및 부재에 대한 정보를 체계적으로 관리할 수 있었으며, GIS와 GPS가 문화재 관리에 있어서 매우 중요한 도구로써 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다. 향후 종묘를 뿐만 아니라 다른 문화재의 부재 조사 및 현황관리에 GIS 및 GPS 기술이 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

주요어 : 종묘, 박석, 지리정보시스템(GIS), 지구위치시스템(GPS)

ABSTRACT

Jongmyo royal shrine, located in Seoul, is a UNESCO World Heritage site, and a cultural relic of national value and significance. Examination of its udobakseok (granitic flagstone; thin, flat and even stepping-stones for the King) has shown that parts are in damaged condition. In this study, GIS and GPS technologies were applied to determine the extent of damage and to find granitic flagstone for replacement and restoration of the damaged stones. 1,158 out of 2,361 stone pieces of the udobakseok were damaged

2010년 10월 1일 접수 Received on October 1, 2010 / 2010년 11월 1일 수정 Revised on November 1, 2010 / 2010년 11월 4일 심사완료 Accepted on November 4, 2010

1 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 Geologic Environmental Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM)

* 연락처 E-mail : hss@kigam.re.kr

at Jongmyo. Replacement granitic flagstones are available on Seokmo Island, in Ganghwa County, and estimates show that approximately 100,000 pieces of stone can be quarried. This research aided the systematic management of information about availability and location of granitic flagstones for restoration of the Jongmyo udobakseok. It also demonstrated that GIS and GPS technologies can apply a critical role in managing cultural properties. The wide use of GIS and GPS technologies can be expected for survey and management of other cultural properties in addition to Jongmyo.

KEYWORDS : *Jongmyo, Granitic Flagstone, Geographic Information System(GIS), GPS*

서 론

문화재는 후세를 위해 보존 및 관리가 필요한 인류의 문화적 자산이다. 이러한 인류의 문화적 자산도 시간이 흐르면서 자연적으로 훼손되고 변형된다. 또한 인간의 활동에 의한 훼손도 문화재 훼손의 원인이 될 수 있다. 이렇게 훼손되거나 변형된 문화재는 문화재 복원을 통해 원형을 유지하게 된다. 이러한 문화재에 대한 관리는 과학기술의 발달과 더불어 보다 전문적이고 다양한 기술이 접목되어 왔다. 특히 정보기술의 발달로 GIS(geographic information science)와 접목된 다양한 기술이 문화재 보전과 관리에 이용되고 있다(문병채 등, 2003; 정성혁 등, 2003; 정성혁과 이재기, 2004; 장호식 등, 2004; 최일선과 정희경, 2006; 장문현과 이정록, 2009). 또한 근래의 문화재는 각각의 문화재에 대한 정밀 3차원 측량, 문화재 구조 복원 등의 다양한 방법을 토대로 문화재의 원형을 관리함으로써 재난 등의 이유로 훼손될 가능성에 대비하고 있다(구인영 등, 2008; 장호식 등, 2005, 한승희 등, 2006). 이러한 측면에서 문화재를 이루고 있는 나무, 돌과 같은 부재는 문화재의 원형을 보존하기 위한 중요한 정보로 관리될 필요가 있다. 특히, 박석은 조선 시대 궁궐, 즉, 종묘, 창덕궁, 경복궁, 창경궁 등에 많이 깔려 있으며, 경복궁의 근정전, 창덕궁의 인정전, 창경궁의 명정전, 종묘의 정전과 영녕전 등 왕이 거처하고 집무를

보던 건물 앞과 이런 건물로 가는 길에 주로 깔려 있다. 이러한 박석은 서울의 갈현동의 박석고개라는 지명에서 볼 수 있는 것과 같이 조선시대 주요 교통로에 박석을 깔아 통행을 원활하게 하였던 것으로 보인다(한국지질자원연구원, 2005).

종묘는 조선왕조 역대 및 추존된 왕과 왕비의 신주를 모신 유교 사당으로 2001년 종묘 제례악과 함께 유네스코 '인류유전 및 무형유산결작'으로 선정되어 세계문화유산으로 지정되었다. 종묘 내에 임금이 지나다니는 길(어도)에는 얇고 넓은 평평한 돌이 깔려 있으며, 이를 '어도박석'이라 부른다. 즉 박석은 두께에 비하여 면적이 넓은 암석을 의미하며, 종묘의 '어도'는 종묘 정문에서 종묘의 중심건물인 정전에 이르는 길을 말한다. 종묘의 어도박석은 오랜 기간 자연적 또는 인위적으로 훼손되어 박석의 보존 및 교체를 위한 부재의 관리가 필요하였으며, 필요시 부재를 대체할 수 있는 박석의 채석지역과 대체 가능한 부재의 현황에 대한 연구가 절실하였다.

종묘의 어도박석은 고문헌 상으로 매도(석모도)와 황해도 해주에서 운반하였다는 기록이 있었으며, 이에 대한 과학적인 규명을 위하여 종묘박석과 강화군의 박석에 대한 암석학적, 광물학적, 화학적 및 물리적 특성을 분석하여 어도 박석의 채석 산지를 규명하는 연구가 있었다(홍세선 등, 2006; 한국지질자원연구원, 2005).

본 연구의 목적은 종묘의 어도박석을 대상

으로 GPS(Global Positioning System)와 GIS(geographic information system)기술을 활용하여 훼손되거나 변형된 박석의 현황조사와 복원에 사용될 수 있는 부재의 추정량을 제시하고, 이 기술이 어도박석의 관리뿐만 아니라 다른 중요한 문화재의 부재 관리에도 유용하게 활용될 수 있음을 밝히는데 있다.

연구지역

조사대상지역은 서울특별시 종로구 훈정동 지역과 인천광역시 강화군 석모도 일대로 구분된다. 조사대상지역인 강화군 석모도 지역은 조사당시 1:25,000 축척의 수치지형도가 제작된 상태로 1:5,000 축척의 수치지형도가 발간되지 않은 지역이며, 종묘일대는 보안상의 이유로 지도가 수치지형도가 제작되지 않은 지역으로 정확한 도면의 획득이 어렵다. 따라서 강화군 석모도의 경우 1:25,000 축척의 수치지형도가 사용되었고, 종묘 지역은 별도로 GPS에 의해 측량된 박석의 분포 정보를 GIS를 이용하여 도면으로 제작하고 조사연구에 활용하였다. 종묘에는 정전, 영녕전, 삼도 등에 약 2만개의 박석이 깔려 있으나, 본 연구에서는 어도박석을 중심으로 현지조사를 수행하였다(그림 1). 종묘의 어도박석에 대한 조사는 정문에서 첫 번째로 어도가 분기되는 지점까지를 1구역으로 설정하고, 어숙실 근처까지를 2구역, 어숙실에서 정전 남문을 거쳐 정전 서문 쪽으로 갈라지는 지점까지를 3구역으로 구분하였다. 4구역은 정전 앞의 직선상의 삼도의 갈라지는 지점부터 영녕전까지이며, 4구역은 박석이 두 구역으로 분산되어 있어 3구역 끝에서 영녕전 옆문으로 분포하는 박석을 4구역이라 하고 영녕전 옆문 근처에서 영녕전 정문까지를 4-1구역으로 조사하였다(그림 2).

조사지역인 석모도는 인천 광역시에 속하는 강화군의 삼산면 일대로, 강화 본도의 서측에 위치한다(그림 3). 석모도는 크게 북부의 상리-하리 일대와 남부의 석모리-석포리-매음

리 일대로 구분될 수 있으며 이들 사이에는 충적층이 넓게 분포한다. 그리고 석모도 북부보다 남부가 훨씬 넓은 분포지를 이룬다. 주 조사대상지인 남부의 석모리-석포리-매음리 일대는 다시 북측의 석모리, 동측의 석포리와 남측의 매음리 일원으로 구분될 수 있다. 그리고 남단부에는 소규모 면적을 이루는 어류정도가 남측의 매음리와 약간 떨어져 분포하며, 이들 사이는 충적층으로 피복된다.



FIGURE 1. 종묘 삼도 박석 전경

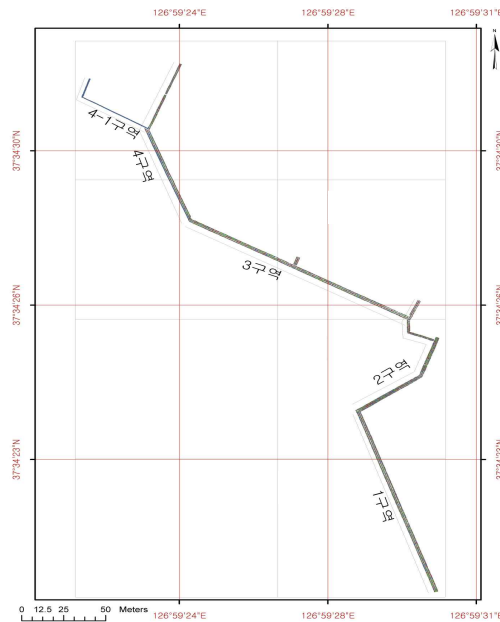


FIGURE 2. 종묘 삼도박석 조사구역

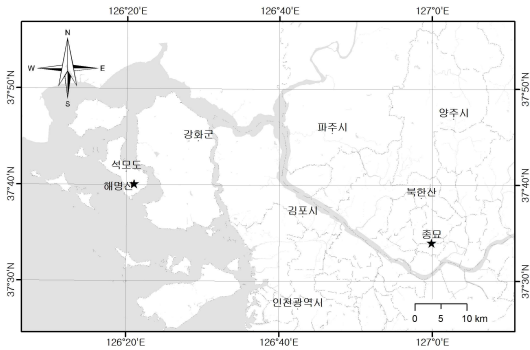


FIGURE 3. 연구지역 위치도

석모도는 전체적으로 남부는 남북방향보다 북서방향으로 길게 분포하며, 북부는 남북향을 이룬다. 이 곳 북부에는 상주산(264.0m) 그리고 남부에는 상봉산(316.1m)과 해명산(308.9m)이 발달하여, 남부가 더 높다. 사면이 급경사로 발달하므로 섬 전체가 험준한 지형을 이루며, 석모도 남부의 북쪽과 남쪽을 따라서 다소 급경사를 이루는 암반들이 대소 규모로 발달한다.

지리정보 구축방법

종묘의 박석과 강화군에 위치하는 석모도에 분포하는 박석의 채석흔적지역에 대한 정보는 GPS RTK 측량을 통한 위치정보와 현지조사 자료로, ESRI사의 ArcGIS를 이용하여 지리

정보로 구축하였다. 종묘의 박석은 좌표와 축척(scale)이 없는 사진도면을 토대로 GPS RTK(Real Time Kinematic)방법으로 측량하고, 박석의 분포에 대한 전자도면을 제작하였다. 또한 속성정보는 현지조사를 통해 암종, 암색, 입도, 표면 거칠기, 훼손 정도와 크기 등으로 구축하였다. 종묘의 어도박석은 세 개의 길로 구성되어 있어, 삼도박석이라고도 하며, 왼쪽편의 서쪽 길을 1열, 신이 다니는 길인 가운데 길(신로)을 2열, 동쪽 길을 3열로 고유번호를 부여하고, 이를 기준으로 1-001, 2-001, 3-001 등으로의 번호체계를 설정하였다. 고유번호는 지리정보시스템의 도면제작 및 데이터베이스 구축에 활용되었다. 2구역에서는 두 줄로만 된 길이 있어 왼쪽 길은 1열, 오른쪽 길은 3열로 구분하였다. 4구역은 두 줄로만 이루어진 길이 있는데, 이 경우 왼쪽 길을 2열, 오른쪽 길을 3열로 번호를 부여하였으며, 4-1구역의 한 줄로만 된 길은 1열로 구분번호를 지정하였다.

강화군 석모도에 대한 현지조사는 고문헌의 기록에 따라 해명산 일대를 조사하였으며, 현지에서 채석에 대한 흔적이 있거나, 박석으로 사용할 수 있는 부재가 있는 지역에 대해 채석흔적지로 규정하여 그 지역의 경계를 측량하였다. GPS RTK 측량은 해명산에 위치하는 삼각점 정보를 토대로 구성된 측량망에서 두



FIGURE 4. 강화군 석모도일대 GPS-RTK 측량 현장. 기지국(왼쪽) 및 이동국(오른쪽)



FIGURE 5. 강화군 석모도 일대 박석 추정지역 해방산 일대 전경

대의 TOPCON사의 GPS(Legercy E type)를 이용하여 기지국과 이동국을 구성하여 수행하였다(그림 4, 그림 5).

중요 어도박석 조사결과

현지조사를 통해 구축된 GIS 정보를 통계적으로 분석하였다. 중요의 어도박석이 분포하는 4개의 구역에 대한 현황조사결과 1구역은 680매, 2구역은 538매, 3구역은 648매, 4구역은 495매로, 총 2,361매의 박석이 분포하는 것으로 나타났다. 또한 삼도박석의 열구분에 따라 계산해 보면 1열은 789개, 2열은 741개, 3열은 831개로 확인되었다. 이 수량은 이번 조사에서 자료정리와 처리를 위해 조사번호를 부여한 것으로 조사자 관점에 따라 다소 차이가 있을 수 있다. 조사에서 나타난 박석의 평균크기는 65cm×46cm로 박석의 표면의 상태가 양호한 것은 820매(34.7%), 보통인 것은 978매(41.4%), 보통 이하의 것은 563매(23.9%)이다. 보통 이하의 것은 보행에 불편을 줄 정도로 표면상태가 거친 것이다. 특히, 담홍색, 홍색 화강암 박석의 표면상태가 대부분 보통이하로 나타났다. 깨지거나 부서진 박석은 총 720여매(31%)이다. 부서진 상태는 2조각에서 11조각까지 나타난다. 부서진 박석 기준은 하나의 박석에서 깨진 조각들이 있는 것들만 대상으로 하였으며, 깨진

흔적은 있지만 단일 박석인 경우는 제외하였다. 박석의 재질이 화강암인 경우에 암석의 자화세기를 나타내는 대자율 값이 $0.07 \sim 2 \times 10^{-3}SI$ 로 매우 낮고, 값이 일정하였다. 박석을 지지해주는 갯돌(경계석)은 담홍색 중립질 흑운모화강암이며 대자율 값은 $4 \sim 5 \times 10^{-3}SI$ 이상으로 매우 높게 나타나며, 이 암석은 서울 부근에 분포하는 화강암과 매우 유사하였다. 박석의 재질, 표면상태, 부서진 상태 등으로 추정하였을 때 교체대상 박석은 약 1,158매로 조사되었다.

조사결과 1구역은 총 680매로 박석 재질이 담회색화강암으로 나타난 661매와 본래 부재가 아닌 다른 부재를 사용한 암석은 편암 2매, 담홍색화강암 17매로 나타났다. 박석의 표면상태가 양호한 것은 244매, 보통은 326매, 보통이하는 110매이다. 깨지거나 부서진 상태로 볼 때, 2~11조각까지 다양하게 나타나며, 한 장으로 온전한 박석은 399매, 부서진 박석은 281매로 나타났다. 박석의 재질과 표면상태가 양호하고, 온전한 박석은 320매이며, 교체가 필요하다고 판단되는 박석은 360매로 나타났다.

2구역의 박석은 538매로 모두 박석 재질인 담회색화강암으로 나타났다. 박석의 표면상태가 양호한 것은 209매, 보통은 215매, 보통이하는 114매로 나타났고, 온전한 박석은 366매, 부서진 박석은 232매이다. 부서진 상

태는 2조각에서 11조각까지이다. 박석의 재질과 표면상태가 양호하고, 온전한 박석은 291매이며, 교체가 필요하다고 판단되는 박석은 247매로 나타났다.

3구역의 박석은 총 648매로 나타났으며, 암석의 재질이 담회색화강암인 박석은 590매이며, 암질이 편암인 박석은 1매, 담홍색화강암은 46매, 홍색화강암은 11매로 나타났다. 박석의 표면상태로 볼 때 양호한 것은 222매, 보통은 266매, 보통이하는 160매로 확인되었으며, 본래의 형태로 온전한 박석은 472매이며, 부서진 박석은 176매이다. 부서진 상태는 2조각에서 7조각까지이다. 박석의 재질과 표면상태가 양호하고 온전한 박석은 347매이며, 관리가 필요한 박석은 301매이다.

4구역의 박석은 495매로, 박석 재질인 담회색화강암은 399매이며 박석재질이 아닌 암석은 편암 1매, 페그마타이트 1매, 담홍색화강암 60매, 홍색화강암 34매이다. 박석의 표면상태가 양호한 것은 145매, 보통은 171매, 보통이하는 179매이다. 깨지거나 부서진 상태는 2~6조각으로 조사되었으며 온전한 박석은 403매이며, 부서진 박석은 92매이다. 박석의 재질과 표면상태가 양호하고, 온전한 박석은 245매이며, 관리가 필요한 박석은 250매이다.

조사된 전체 박석의 경우 박석이 한 장으로만 구성되어 있는 것은 69.5%이며, 나머지는 적어도 2조각 이상으로 깨져 있는 상태이다. 최대 11조각까지 깨진 상태를 보이는 박석이 있으며 훼손된 박석은 약 720장이다. 이러한 훼손 정도는 암석의 종류에 따라 큰 차이를 보인다. 담회색의 각섬석흑운모화강암은 깨지지 않은 한 장으로 된 박석이 59%이며, 부서지거나 깨진 박석은 41%로 나타났다. 깨진 조각이 2조각인 박석은 23%, 3조각인 박석은 11.5%로 최대 5조각으로 깨진 박석도 관찰된다. 담회색의 흑운모화강암 박석은 68%인 1,447장의 박석이 깨지지 않은 한 장의 상태를 보이며 2조각과 3조각으로 갈라진 박석은 각각 380장(17.9%), 153장(7.2%)이며, 그 이상으로 깨진 박석은 약 5%이다. 담홍색 흑

운모화강암 박석은 87.8%(108장)가 한 장의 온전한 상태를 보이며 부서진 박석은 12% 정도(15장)에 불과하다. 홍색 흑운모화강암 박석은 훼손된 박석이 없고 44개의 박석 모두 한 장의 온전한 상태를 보였다.

박석의 채석 추정지역 품질검토 결과

박석화강암의 구성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 페다이트, 흑운모이며 각섬석흑운모화강암의 경우 이들 광물 외에 각섬석을 함유한다. 그러나 그 양은 1% 내외로 비교적 적은 양이다. 또한 미사장석이 페다이트보다 다소 많은 편이다. 석모도 화강암의 구성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 페다이트, 흑운모이며 해명산 남서사면의 화강암에서는 각섬석이 소량 산출된다. 또한 미사장석이 페다이트보다 다소 함량이 많다.

국제적인 기준으로 암석을 구분하는 IUGS (international union of geological sciences)의 분류에 따르면, 박석의 화강암과 석모도의 흑운모 화강암은 모두 화강암 영역에 도시되어 광물학적으로 박석 화강암과 석모도 화강암 간에 일치하는 것으로 나타난다. 특히 박석의 각섬석흑운모화강암은 석모도 화강암 중에서 각섬석이 산출되는 지역의 암석과 유사할 것으로 판단되어, 두 화강암은 적어도 광물학적인 측면에서 유사한 재질로 판정할 수 있다.

박석 화강암의 SiO₂ 함량은 71~74wt.%의 범위이며, 석모도 흑운모화강암은 72~74wt.%로써 두 화강암 모두 매우 좁은 범위의 값을 보인다. 두 화강암 모두 Na₂O의 함량은 3~4wt.% 내에 들어가며 K₂O의 함량 역시 4~5wt.% 내로 1wt.% 내의 매우 좁은 범위에 한정된다. Al₂O₃이 함량 변화 역시 14~15wt.%로써 매우 좁은 범위 내에 나타나며, 미량원소도 주원소 성분보다는 변화의 폭은 다소 크지만 대체적으로 규칙적인 변화 경향을 보여준다. 알루미늄나 포화지수에 의한 화강암의 성인 분류에서도 두 화강암은 모두

과알루미나질(peraluminous)이며 I-형 화강암(화성기원암을 지시)에 속한다. 알루미나 포화지수가 1~1.1로 밀집되어 나타나 암석화학적 측면에서도 두 화강암은 유사한 함량비를 보였다.

박석 채석 가능지역 조사결과

석모도 일대에서 조사된 박석의 채석 가능지역은 박석을 채석한 흔적이 확인된 지역을 중심으로 '채석흔적지'로 명명하여 정리하였다. 조사된 채석흔적지는 해명산 일대에서 조사된 결과이며, 이번 개략조사에서 확인된 채석흔적지는 20개 지역으로 정밀조사가 진행될 경우 그 숫자는 늘어날 가능성이 있다. 조사된 대부분의 채석흔적지는 해명산의 북사면에 위치하며, 남사면에도 5~6개의 채석흔적지가 확인된다. 다만 남사면에 분포하는 채석흔적지는 뚜렷한 채석의 흔적이 관찰되지 않는다. 채석흔적이 잘 나타나 있는 지역 중에는 암반의 상태가 양호하고 판상조개짐구조가 잘 남아 있는 지역도 있었으며, 해명산 북사면에 분포하는 채석흔적지의 경우 지질분포와 연관되는 것으로 추정되는 능선부 근처에서 40~50m 아래쪽에 일정한 패턴을 보이며 위치한다.

제1채석흔적지는 해명산에서 북서쪽으로 약 100m에 위치한 북쪽 방향 사면의 해명산 등산로에 연결한 지역으로 제2채석흔적지와 마찬가지로 얇은 판상조개짐을 보이는 암반이 잘 발달되어 있다(그림 6). 떨어진 암편들은 암반 아래쪽으로 흘러 내려 있으며 분리된 암반들은 비교적 큰 것들이 많아 이차적인 가공을 거친다면 박석으로의 이용이 가능한 상태일 것을 판단된다. 이 지역은 세중립질의 담회색 흑운모화강암으로 이루어져 있으며 부분적으로 장석 반정을 함유하기도 한다. N70° E, 15° NW이 판상조개짐이 잘 발달하며, 판상으로 나타나는 면은 약 20cm~수십 cm의 두께를 보인다. 이 흔적지의 대자율은 비교적 높은 $1 \times 10^{-3} \text{SI}$ 내외의 값이 빈도가 가장 높다. 떨어진 암편 블록들은 $\pm 100 \text{cm} \times$



FIGURE 6. 제1채석흔적지(1) 및 제2채석흔적지(2) 전경과 비교적 두께가 얇은 판상조개짐구조를 보이는 암반(3, 4, 5). 채석후 부서진 암편(6, 7) 그리고 부존 가능량 산정을 위한 실측전경(8).

$\pm 80 \text{cm}$ 내외의 것이 흔하며 최대 $300 \text{cm} \times 180 \text{cm}$ 되는 큰 블록도 관찰된다.

제2채석흔적지는 제1채석흔적지에서 서쪽으로 50m 떨어진 사면에 위치한다. 확인된 채석흔적지중에서 가장 넓다. 이 채석지의 암반은 제1채석지보다 양호하고, 판상조개짐의 발달도 매우 좋은 편이다. 판상조개짐은 N58° E, 30° NW방향이 가장 우세하며 수평상이 뚜렷하고 쪼개진 면과 면사이의 두께는 10~20cm로 최대 7~8개의 판면이 발달하기도 한다. 이 흔적지의 암석은 세중립질의 담회색 흑운모화강암으로 박석 대체부재의 활용 가능성이 높은 지역이다. 노출 암반의 면적은 약 800m^2 이며 서쪽 사면과 남쪽 사면으로는 폐석더미가 깔려 있다. 이 채석흔적지의 대자

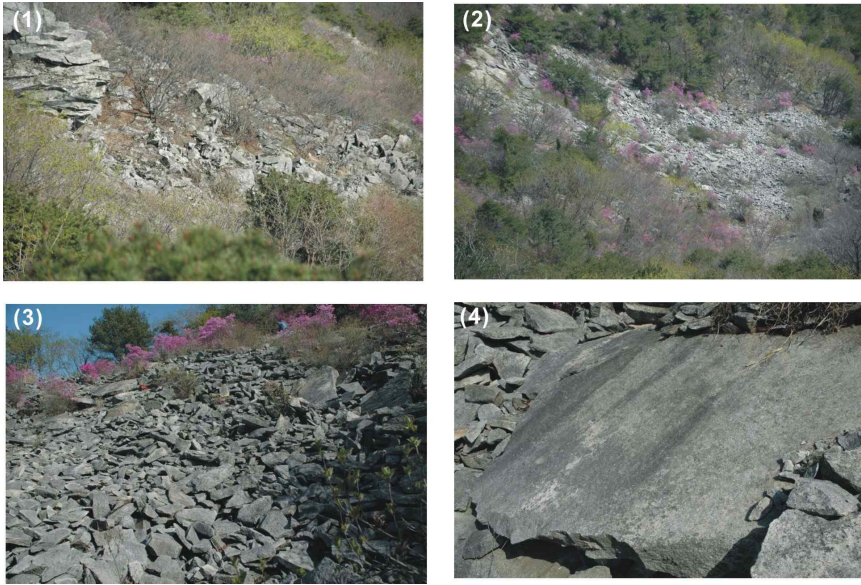


FIGURE 7. 제3채석흔적지의 전경(1, 2) 3)과 채석흔적 모습(4)

율은 제1채석흔적지와 마찬가지로 1×10^{-3} SI의 범위가 많으며 $0.2 \sim 2 \times 10^{-3}$ SI의 분포범위를 보인다. 제3채석흔적지(Q3)는 해명산에서 동쪽으로 약 300m 떨어진 사면, 해발고도 280m 지점에 위치한다(그림 7). 이 곳은 세중립질의 담회색 흑운모화강암으로 구성되며, 신선한 암반을 노출되어 있지 않다. 다만 30cm 내외의 암편들이 가장 우세하게 분포하며, 암편들의 형태는 불규칙한 모양을 보인다. 암편들 중에는 암편의 크기가 최대 $200\text{cm} \times 120\text{cm} \times 15\text{cm}$ 로 나타나는 암편이 관찰된다. 대자율은 $0.055 \sim 0.173 \times 10^{-3}$ SI의 범위로 비교적 낮다. 과거 박석의 산지로 추정되지만 박석의 평균 크기 이상되는 양호한 상태의 박석 암편들은 거의 관찰되지 않는다. 흔적지 상부쪽에 채석 흔적으로 생각되는 절취면이 남아 있을 뿐이며 절취면의 높이는 약 1.2m 정도로 확인된다.

제4채석흔적지(Q4)는 제3채석흔적지에서 서쪽으로 약 50m 떨어진 지점에 위치하며 해발고도가 280~255m 사이로 나타났다. 이 지역은 제3채석흔적지 보다 규모가 크며, 상부 쪽에

절취면의 흔적이 남아 있고 높이는 약 1.2m이다. 대부분 30cm 내외의 암편들이 분포하며 평균 크기 이상의 암편은 거의 없다. 간혹 최대 $120\text{cm} \times 90\text{cm} \times 10\text{cm}$ 크기의 암편이 관찰된다. 화강암 암편들 외에 규장암 암편들이 드물게 분포한다. 절취면 암반의 판상조개짐면은 $N68^\circ W, 34^\circ NE$ 의 주향경사를 보이며 박석의 두께와 유사한 두께가 10~20cm인 6개의 판상면이 확인된다. 노출된 판상의 조개짐면을 관찰한 결과, 판상면이 평평하지 않고 굴곡과 만곡을 보이기도 한다. 측정된 대자율은 $0.049 \sim 0.066 \times 10^{-3}$ SI로 낮게 나타났다.

제5채석흔적지(Q5)는 해명산 계곡부에 위치하며 제6채석흔적지와 인접한다. 이 흔적지는 해발고도 300~260m 사이에 위치한다. 이 지역은 담회색의 세립질 또는 세중립질의 흑운모화강암으로 암상은 약풍화암이 우세하다. 상부쪽에 절취단면이 관찰되는데 높이는 약 1.4m 정도이며 판상조개짐면이 잘 발달한다. 판상조개짐면의 주향경사는 $N72^\circ E, 25^\circ NW$ 이며 조개진 판의 두께는 7cm, 9cm,

35cm, 21cm 등으로 제4채석흔적지에서 보다는 불규칙하게 나타났다. 판상조개짐면은 불평탄하며 평행하게 나타나지 않으며, 부분적으로 이러한 판상조개짐면을 수직적으로 혹은 사선상으로 규장암 암맥의 관입이 관찰된다. 이 암맥은 N10° W, 54° SW의 주향경사를 나타낸다. 대부분의 암편은 둥근 형태가 아닌 사각형의 형태를 보이며 분리되어 있다. 암편들은 인위적으로 단을 이루며 쌓여있는 형태로 대자율은 $0.059 \sim 0.098 \times 10^{-3}$ SI의 범위를 보인다.

제6채석흔적지(Q6)는 해발고도 295~240m 사이에 위치한다. 이 지역은 담회색의 세립질 내지 세중립질의 흑운모화강암으로 이루어져 있으며 암편들의 크기는 10~30cm 내외, 두께 5~10cm 내외로 비교적 작은 크기의 암편들이 많은 편이다. 분포지 상단과 옆면 쪽 암반이 노출되어 있으며 노출심도는 약 1m 정도로 추정된다. 일부 암편에서는 정의 흔적이 관찰되기도 한다. 큰 암편은 220cm×160cm×15cm의 크기를 보이기도 한다. 대자율은 $0.069 \sim 0.091 \times 10^{-3}$ SI의 범위로 0.1×10^{-3} SI 이하의 값을 나타낸다.

제7채석흔적지(Q7)는 해발고도 300~280m 사이에 위치하며 다른 채석흔적지에 비해 소규모이다. 암편들은 20~40cm가 가장 우세하며 불규칙한 형태를 보인다. 담회색을 띠는 중립질의 흑운모화강암으로, 암상은 SWR이 우세하며 간혹 장석의 반정이 수반된다. 채석된 심도는 약 1m 깊이로, 판상조개짐면은 N40° W/36° NE로 발달하나 다소 불평탄한 면을 이루며, 두께는 17~19cm 이다. 대자율은 $0.057 \sim 0.069 \times 10^{-3}$ SI의 범위로 평균대자율은 0.0606×10^{-3} SI로 나타났다.

제9채석흔적지는 해명산 삼각점 아래 사면에 위치하며 담회색의 세중립질 흑운모화강암으로 구성된다. 그러나 입도는 다른 채석지에 비해 다소 커진 양상을 보이며, 입자의 크기가 5mm 내외의 장석 반정들도 간혹 관찰된다. 채석흔적지에 노출된 암반면의 높이는 약 1.2m이다. 판상조개짐면의 방향은 N32W/

36NE의 주향경사를 보이며, 두께는 15~20cm이다. 암반에서 떨어져나간 암편들도 크기가 가로세로 20~40cm 내외가 많고, 두께는 10cm 이하가 우세하였다.

제10채석흔적지는 가로세로 10m 내외의 소규모 산지에 위치한다. 지질 암상으로는 유일하게 흑운모각섬석 화강섬록암을 모암으로 하며, 채석심도는 1m 내외로 추정된다. 판상조개짐은 N34E, 30NW이며 2~3조 발달한다. 조개진 판의 두께는 17~20cm이고, 떨어져 나간 암편들의 두께는 10cm 이내로 나타났다. 대자율은 $0.27 \sim 0.3 \times 10^{-3}$ SI의 범위를 보인다.

해명산 북쪽 사면을 중심으로 한 10여개소의 채석흔적지 외에 해명산 삼각점 정상 남서쪽, 남쪽사면과 밤개마을에서 삼산면으로 가는 도로 옆의 야산들에서도 많은 채석흔적지들을 발견할 수 있다. 해명산 남쪽 사면에 위치하는 채석흔적지들은 제11채석흔적지(Q11), 제12채석흔적지(Q12), 제13채석흔적지(Q13), 제14채석흔적지(Q14), 제15채석흔적지(Q15), 제18채석흔적지(Q18)들이며, 방개마을 근처 야산에 분포하는 흔적지들은 제16채석흔적지(Q16), 제17채석흔적지(Q17), 제19채석흔적지(Q19), 제20채석흔적지(Q20), 제21채석흔적지(Q21)이다(그림 8).

Q11~Q15 채석흔적지는 세중립질의 담회색 흑운모화강암으로 구성되며 30~40m의 암반이 매우 잘 발달한다. 판상조개짐면은 N20W, 40SW로 급경사면을 이룬다. 절리는 이들에 사교하는 EW, 76N의 주향경사를 보인다. 이 화강암은 부분적으로 미량의 각섬석을 포함하는 경우도 있으며 일부 반정질을 이루기도 한다. 급경사인 관계로 암반 위에서 자연적으로 낙하된 블록들이 많으며 채석의 흔적을 발견하기가 매우 어렵다. 암반의 상부로는 10cm 내외의 두께를 보이는 판상조개짐 구조가 잘 발달되어 있다. 대자율은 $0.8 \sim 1.7 \times 10^{-3}$ SI 내외로 해명산 북쪽 사면보다 높다. 제18채석흔적지는 담회색의 세립질 흑운모화강암으로 미약하게 엽리조직을 보인다. 판상

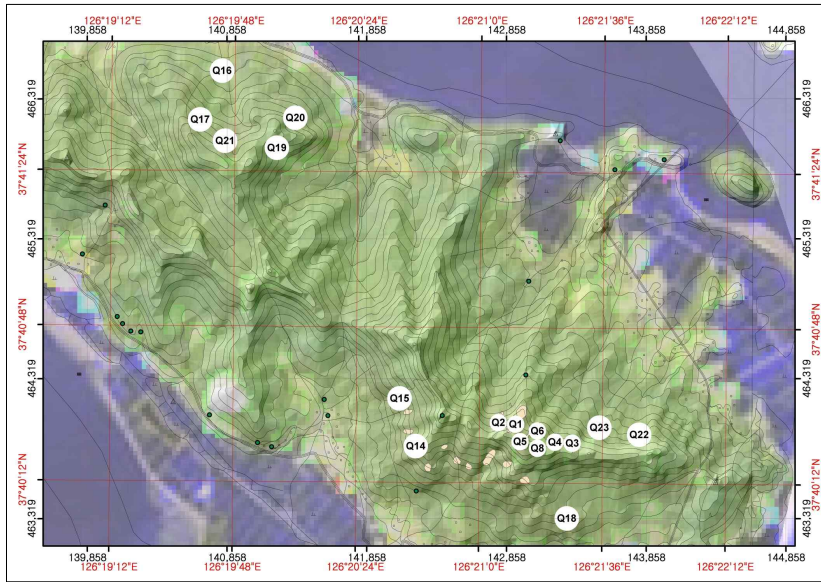


FIGURE 8. GPS 측량에 따른 박석 추정지 조사 결과

쪼개짐면은 N30W, 18SW로 약간 만곡되어 있으며 쪼개진 판상의 두께는 6~17cm로 비교적 얇은 편이다. 대자율도 $0.03 \sim 0.03 \times 10^{-3}SI$ 내외이다. 암편들은 거의 대부분 불규칙한 형태를 이룬다.

밤개마을에서 삼산면사무소로 가는 도로 변의 야산에도 곳곳에 채석흔적지들이 관찰되며 확인된 흔적지는 5개소이다. 채석지의 크기는 평균 $20 \sim 50m \times 10 \sim 30m$ 이다. 구성암석은 세중립질의 담회색 흑운모화강암이다. 암편들은 30~50cm의 크기를 보이며 불규칙한 형태를 나타낸다. 대자율은 $0.04 \sim 0.08 \times 10^{-3}SI$ 로 대체로 $0.1 \times 10^{-3}SI$ 이하의 값이 우세하다.

박석의 부존가능량은 일반적으로 활용되는 석재자원 매장량 기준인 한국산업규격은 박석과 같은 판상쪼개짐이 있는 암석은 풍화암으로 의미가 없는 부분이므로 매장량을 계산해도 큰 의미가 없다. 때문에 박석이 부존할 수 있는 암반에서의 부존가능량은 암반노출면적과 평균암반단면높이를 고려하여 개략 계산하였다. 박석의 부존가능량을 산정하는데 있어 필

요한 요소들은 첫째, 암반의 넓이 계산, 둘째, 암반에 발달하는 판상쪼개짐구조의 평균두께 계산, 셋째, 기존의 여러 채석흔적지에서 조사된 절취면의 평균높이와 판상쪼개짐 구조의 매수, 넷째, 박석의 규격(넓이와 두께)이다.

실제 박석의 대체 부재로 활용가능한 제1채석흔적지와 제2채석흔적지만을 대상으로 박석의 부존량을 계산하였다. 제1채석흔적지의 암반 노출 면적은 $2,203m^2$ 로 계산되었으며, 제2채석흔적지의 암반 노출면적은 그보다 적은 $891m^2$ 로 나타났다(그림 8). 즉, 이들 암반의 크기는 약 $3,094m^2$ 이며, 평균 채석심도를 1.2m로 추정하고, 박석의 평균 크기를 고려한다면, 박석의 부존량은 약 100,000여장 이상으로 추정된다.

토의 및 고찰

문화재의 복원을 위한 현황조사는 국가의 문화재를 관리하는 측면에서 매우 중요하다. 특히 문화재 조사와 관리에 GIS 기술이 적용되고(장용구, 2006), 문화재 부재의 관리까지

영역이 확장될 필요성이 제기된다. 최근 승례문의 복원과정에서도 복원에 사용되는 목재의 선정과 확보를 위해 많은 노력을 기울였으며, 최대한 전통적인 방법으로 복원을 하기위해 끊임없는 노력을 다하고 있다. GIS는 단순한 정보관리의 측면을 벗어나 실용적인 측면에서 활용방안을 모색하고 있으며, 문화재에 대한 대체 부재 관리는 그러한 측면에서 매우 중요하다. 실제로 문화재 보존에 사용되는 동일한 대체부재를 확보하는 것은 많은 시간과 노력이 필요하다. 야외에서 이러한 작업은 더더욱 많은 시간과 노력이 필요하지만, GPS-RTK 등의 측량기술과 GIS의 도입은 이러한 문제점 해결에 최적의 대안이 될 것으로 판단된다.

고문헌에 의하면 강화도의 석모도에서 박석을 채취하여 운반하였다는 기록이 있으며 주민들도 광복 이전에는 직접 박석을 채취하는 것을 본 적이 있다는 증언도 있으며 그 지역의 위치를 알려 주기도 하였다. 석모도 해명산 일대에는 암반들이 분리되어 흘러내린 테일러스 형태의 암편 더미들이 산능선 근방에서 자주 관찰되며 이러한 곳들이 박석을 채취한 곳이라 하였다. 이번 조사에서는 이러한 형태의 모습들이 과연 박석을 채취하던 지역이었는지를 밝히는데 주 목적을 두었다.

박석의 채석흔적지를 입증하기 위한 판단자료는 첫째, 고문헌상의 기록이다. 이는 문화재의 출처, 산지를 밝히는데 가장 중요한 판단자료로, 이러한 고기록이 있다면 실질적인 확인을 위한 현장의 작업 범위가 상당히 축소되어 현장에서의 가시적인 증거 확보만 있으면 된다. 둘째, 현지 주민들의 증언이다. 주민들의 증언은 아주 먼 과거시대는 아니지만 적어도 100여년 전에 일어났던 역사적 자료와 사실과 구전으로 내려오던 것들도 파악할 수 있다. 셋째, 고문헌상의 기록과 주민들의 증언이 있더라도 이는 역사적인 문헌자료이며 실제로 현장에서 채석을 하던 행위가 암반이나 지층에 그 흔적이 얼마나 보존되어 남아 있는냐 하는 것이다. 이러한 관점에서 석모도 채석흔적지에 대한 실증으로 고문헌상의 기록과 현

지 주민의 증언자료가 확보된 상황이며, 신증동국여지승람, 세종실록지리지 등의 고문헌에는 “매도는 강화부 서쪽에 있으며 박석이 많이나 국용으로 공급한다” 라고 기록되어 있으며, 조선왕조실록에는 세종 14년 김종서 등이 매도의 돌을 채취해 대궐 뜰에 깔도록 건의한 기록도 있다. 둘째로 현지 주민들의 증언에 따르면 광복 전인 일제 강점기 동안에도 해명산 일대에서 채석하는 것과 도선하는 것을 본 적이 있다고 하며, 현재 생존 중인 석공에 따르면 일제 시대에 직접 채석을 하였으며 서울, 인천 등지로 수송하였다고 한다. 떡시루 형태로 돌이 분포하여(관상쪼개짐면의 두께가 얇음을 의미) 채석이 용이하였으며 옛날에는 해명산 일대가 나무가 없는 민둥산이었으므로 운반도 현재 생각하는 것보다도 비교적 쉬웠다고 한다. 산에서 해안가까지는 지게나 썰매 형태의 장비, 망태기 등을 이용한 등짐 등으로 운반하였다고 한다. 옛날에 사용하였던 채석방법으로는 정으로 암반에 10여개의 흠을 파고 썰기를 박고 망치로 쪼개는 형식을 취하였다. 일제시대 박석의 용도는 주로 구들장, 절구, 빻돌을 만들기 위한 용도였다. 이러한 박석은 주로 석모도에서만 생산되었으며 강화도에는 없었다고 한다. 이러한 기록과 증언을 바탕으로 해명산 일대에 대한 현장 조사 결과 곳곳에서 여러 형태의 채석작업을 한 흔적과 정으로 작업한 흔적, 폐석을 모아놓은 흔적들을 발견할 수 있었다. 또한 박석이 생산되는 지역이 화강암의 지질분포와 매우 밀접하게 관계가 있음을 지질조사를 통해 알 수 있었다. 앞의 지질 분포에서 보듯이 채석흔적지는 각 섬석화강섬록암 지역에는 분포하지 않으며 거의 대부분 흑운모화강암의 지질은 갖는 지역에만 분포하는 특징을 알 수 있다.

문헌고찰에서 나타난 것처럼 중묘의 삼도 박석의 대체부재는 황해도 해주일대와 강화군 석모도 일대가 대상이 된다. 황해도 해주의 경우 현실적인 접근이 어렵기 때문에 조사에서 제외되었지만 중장기적으로 볼 때, 소중한 문화재에 대한 관리와 복원을 위해 어느 정도

사용할 수 있는 부재가 어느 곳에, 얼마나 남아있는지에 대한 조사는 매우 중요하다. 이 과정에서 GPS-RTK 측량기술의 활용은 조사의 시간과 장소의 제한을 많은 부분 해결할 수 있는 중요한 기술이 된다. 우리는 이러한 연구 결과를 통해 문화재가 손실되거나 훼손되는 만일의 경우를 대비할 수 있는 중요한 자료를 만들 수 있으며, 이러한 노력을 지속적으로 수행할 필요가 있다.

조사의 측면에서 석모도에서 조사된 결과는 종묘에서 사용된 부재와 유사성이 매우 높게 나타났다. 다만 채석의 흔적이 남아있다는 점은 육안관찰에 의지하는 경우가 많아 정밀한 조사가 진행되면 결과가 달라질 수 있다. 본 조사에서 확인된 조사결과에서 대부분의 채석 흔적지에서는 암반을 관찰할 수 없으며 단지 흔적지 최상부나 옆면에 부분적으로 암반의 흔적이 확인된다. 채석흔적은 전득이 고개에서 해명산으로 올라가는 등산로, 방개마을 근처 야산 등에서 쉽게 관찰할 수 있다. 전득이 고개에서 등산로를 따라 올라가면서 노출된 암반과 분리된 암석에 정을 사용한 흔적을 쉽게 볼 수 있다. 이러한 쪼개 형태의 흔적은 길이 9~12cm, 심도 10~12cm이며, 홈과 홈사이의 거리가 15~20cm이다. 190cm 크기의 암반덩어리의 경우 6개의 정을 사용한 흔적이 관찰되기도 하며 서로 반으로 절단되어 있는 암반 블록들이 관찰되기도 한다. 또한 일부 지역에는 암석을 이동시켜 정으로 다듬은 흔적과 다듬기 작업과정에서 떨어진 암석 조각들이 발견되기도 한다. 이러한 암석은 부채꼴과 비슷한 형태의 모양으로 떨어져 인공적인 흔적으로 판별된다. 그러나 일부지역에서 채석의 흔적은 확인할 수 없었는데, 그 이유는 몇 가지 가설로 설명될 수 있다.

채석흔적지로 확인된 지역은 처음에 얇은 판상조개짐을 보이는 암반과 암반에서 떨어진 암석들이 테일러스 형태로 분포하였을 것으로 추정되는데, 박석을 채취하면서부터 박석을 만들기 쉬운 얇은 화강암 판상조개짐면을 전통적인 방법으로 절단하고 이를 다시 박석의

규격에 맞게 가공하는 작업이 진행되고, 다른 지역으로 가공된 박석이 운반되었다. 이 과정에서 박석을 만들고 남은 폐석들은 산 아래로 버리게 되고, 박석을 켤 수 있는 암반이 없어질 때까지 작업이 진행되었을 것으로 추정된다. 이러한 일련의 작업을 통해 대부분의 채석산지에서는 암반 노두를 볼 수 없으며 채석 흔적이 가장 잘 남아 있는 암석은 박석의 형태로 제작되어 다른 지역으로 운반하여 현재 채석흔적이 남아있지 않는 것으로 추론된다.

추정된 박석의 부존량 추정된 경우 부존상태의 변화와 실수율 등을 감안하면 보통 부존량의 50~95%가 실제 부존량이라 할 수 있다. 박석 부존가능량은 단지 지표조사에 의한 결과이므로 계산된 부존량은 변동될 수 있다. 부존량의 계산과정에서 박석의 부존가능량은 지표상에 드러난 1.2m 심도로 채취하였을 경우를 가정하고 산정된 것으로, 판상조개짐이 이보다 더 깊은 심도까지 발달하였을 경우 훨씬 많은 수량이 계산될 수 있다. 또한 박석은 일반 석재와는 달리 지표면에서만 만들어질 수 있는 특수한 성격의 석재이다. 지표상에 암반이 아무리 잘 발달되어 있더라도 판상조개짐이, 그것도 되도록이면 얇게 발달하지 않는다면 박석이 만들어질 수 없다. 판상조개짐은 이론상 수십m 지하까지 발달하나 지하로 들어갈수록 판상조개짐의 두께는 점점 두꺼워지며 소멸된다. 보통 얇은 판상조개짐(수십cm 내외)은 지표면에서 5m 이내의 심도에서만 발견되는 것이 일반적이다. 마지막으로 지표면 근처의 암반은 대기 중에 노출되어 있고, 지하수, 빗물 등의 수분과의 접촉이 쉽기 때문에 기계적 또는 화학적 풍화작용을 받기 쉽다. 판상조개짐이 잘 발달한다는 것은 판상조개짐구조의 면과 면 사이에 물과 같은 유체가 지나가기 쉽고, 이로 인해 풍화를 받기가 쉽다는 것을 의미하기도 한다. 그러므로 특히 지표상에 노출된 판상조개짐 구조가 발달된 암반에서의 풍화되지 않은 상태는 국부적으로 차이가 날 수 있다. 이러한 현상은 암반을 분리하기에 용이한 구조이기 때문에 채석의 측

면에서 좋은 상태라 하겠지만, 반면 불규칙한 풍화작용의 가능성이 있어 정확한 부존량을 계산을 위해서는 자연적인 환경에 대한 추가적인 정밀한 조사가 필요함을 의미한다.

결 론

문화재의 관리 측면에서 GIS와 GPS 기술을 종묘의 어도박석을 대상으로 활용한 결과, 종묘내의 어도박석의 훼손 현황과 복원에 사용될 수 있는 부재의 추정량을 확인하는데 매우 유용하였다. 이는 문화재의 부재 관리에도 GIS와 GPS 기술이 유용하게 활용될 수 있음을 의미한다.

종묘박석에 대한 현황조사와 채석흔적지 조사를 통해 관리가 필요한 박석은 총 2,361매 가운데 약 1,158매가 해당되는 것으로 나타났다. 석모도 해명산 일대에는 약 20개소 이상의 채석흔적지가 분포하는 것으로 나타났다. 이들 산지들 중 현재 박석의 생산이 가능한 지역은 제1채석흔적지와 제2채석흔적지로 아직까지 얇은 판상조개짐을 갖는 암반이 양호한 상태로 남아 있어 박석부존의 가능잠재량의 계산이 가능하다. 이들 암반들에 대해 박석의 부존조건, 암반의 크기, 채석의 심도를 고려하여 박석의 부존가능량이 계산되었다. 이들 암반의 크기는 약 3,094m²이며, 평균 채석심도는 1.2m로 추정하여, 박석의 평균크기를 고려하면 약 100,000장의 부재 확보가 가능할 것으로 추정된다. 종묘의 삼도박석에 대한 조사에서 제시된 결과와 같이 소중한 문화재에 대한 관리와 복원을 위해 사용할 수 있는 부재가 어느 곳에, 얼마나 남아있는지에 대한 조사는 매우 중요하다. 이 과정에서 GIS와 GPS 측정기술의 활용은 조사의 시간과 장소의 제한을 많은 부분 해결할 수 있는 중요한 기술이 될 수 있다. 이러한 연구 결과를 통해 문화재가 손실되거나 훼손되는 만일의 경우를 대비할 수 있는 중요한 자료를 만들 수 있으며, 이러한 노력을 지속적으로 수행할 필요가 있다. **KAGIS**

참고문헌

- 구인영, 우성호, 임순범. 2008. 3D 구조 표현에 기반한 전통건축물의 디지털 복원 및 활용 기술. 정보처리학회지 15(3):41-48.
- 문병채, 박현욱, 정태영. 2003. GIS를 이용한 문화정보시스템 구축방안에 관한 연구. 한국지리정보학회지 6(3):43-60.
- 장문현, 이정록. 2009. Web GIS 기반의 영산강유역권 역사문화정보시스템 구축 연구. 한국GIS학회지 17(3):329-339.
- 장용구. 2006. 모바일 GPS/GIS기술을 이용한 유적지표조사 시스템 구현. 한국지리정보학회지 9(2):91-1001.
- 장호식, 김진수, 이종출. 2005. 무선조정 헬리콥터와 지상사진측량시스템에 의한 석조 문화재 해석. 대한토목학회논문집. 25(1D):151-158.
- 장호식, 노태호, 이종출. 2004. 웹을 이용한 문화재 관리 정보시스템 구축. 한국지형공간정보학회지 12(1):63-68.
- 정성혁, 이계동, 이재기. 2003. 문화재 웹 GIS 데이터베이스 구축을 위한 사진측량기법. 산업과학기술연구논문집. 17(2):79-85.
- 정성혁, 이재기. 2004. Web GIS 도형 자료 구축을 위한 문화재 3차원 모델링 기법. 한국지형공간학회지 12(2):37-42.
- 최일선, 정희경. 2006. XML 및 모바일 RFID 기반의 문화재 안내 시스템. 한국멀티미디어학회지 10(1):41-46.
- 한국지질자원연구원. 2005. 박석의 암질특성과 채석산지 조사연구. 97쪽.
- 한승희, 배연성, 배상호. 2006. 문화재 원형복원을 위한 수치사진측량과 광학스캐닝기법의 응용분석. 대한토목학회논문집. 26(5D):869-876.
- 홍세선, 윤현수, 이진영, 이병태, 이효민, 송치영. 2006. 종묘 어도박석 화강암의 재질특성 연구. 암석학회지 15(3):139-153. **KAGIS**