MUNHWAJAE *Korean Journal of Cultural Heritage Studies Vol. 51 No. 3, September 2018, pp.4~31.*
Copyright©2018, National Research Institute of Cultural Heritage

홍성 홍주읍성 성벽의 보존상태 및 축성유형과 안정성 고찰

박준형 · 이찬희*

공주대학교 문화재보존과학과

*Corresponding Author : chanlee@kongju.ac.kr

국 문 초 록

홍주읍성의 초축 연대는 명확히 알 수 없으나 문종 1년 축조 이후 수십 차례에 걸친 보수와 정비를 거쳤으며, 일제강점기에 일부 성벽이 훼철되면서 오늘날의 형태를 갖게 되었다. 홍성은 지구조적으로 지진의 발생 가능성이 높은 지역이다. 역사지진 기록이 남아 있으며, 1978년과 1979년에 각각 규모 5.0과 4.0의 지진이 발생하여 성벽 일부가 붕괴된 바가 있다. 2010년에는 집중강우에 의해 성벽이 붕괴되기도 하였다. 홍주읍성 성벽은 구간에 따라 다양한 구성암종, 치석형태, 축조방식, 채움재료 등이 적용되었다. 또한 보수과정에서 기존의 성벽을 훼철하지 않고 재사용 가능한 부분을 그대로 사용하여 시대에 따른 특성이 성벽에 수직적으로 반영되어 나타난다. 따라서 홍주읍성의 유형분류는 성벽의 수직적 분포를 기준으로 나누었으며, 축성유형의 수직적 개수에 따라 유형 I, 유형 II, 유형 III으로 구분하였다.

성벽에 사용된 암석은 주로 조립질화강암이나 성벽유형에 따라 암종의 차이가 명확하다. 성벽 하부는 자연석 내지 할석을 사용하여 다양한 암종이 혼재되어 나타나나, 중앙부의 치석한 암석은 대부분 조립질 화강암이다. 보수석재는 담홍색화강암이나 수구지와 조양문의 구성 암종은 성벽과 상이하다. 홍주읍성의 대표적인 손상유형은 배부름, 성돌의 돌출, 기초부 성돌의 유실, 부재의 이격, 균열 및 단열, 기초불안정 및 구조적 변형이다. 성벽에 발생하는 거동의 양과 방향을 확인하기 위해 수동 간이계측 및 광파측정을 수행하였다. 수동계측 결과, 성벽의 구조적 변형이 진행되는 구간을 분류할 수 있다. 광파측정 자료와 비교한 결과, 두 모니터링 방법은 상호 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 장기적인 보존관리 방안으로 두 계측방법은 상호 보완적으로 활용할 수 있으며, 홍주읍성의 안정화를 위해 계측시스템은 유지, 관리 및 개선되어야 할 것이다.

남문지 일대의 계측결과를 종합할 때, 붕괴된 성벽 또한 강우에 의한 거동변화가 지속적으로 진행되었을 것이다. 오랜 기간 변위가 누적된 상태에서 집중강우에 의해 발생한 이상거동에 따라 임계점을 초과하여 붕괴에 이르렀을 개연성이 충분하다. 홍주읍성 성벽의 효율적 관리를 위해 연구결과를 토대로 0등급부터 5등급까지 총 6단계의 관리등급을 제안하였다. 이 관리등급을 적용한 결과, 1등급 501.9m (61.10%), 2등급 29.5m (3.77%), 3등급 10.4m (1.33%), 4등급 241.2m (30.80%)로 나타났다. 4등급 구간은 홍화문 서쪽과 치성의 동쪽에 밀집된 양상으로 나타나며, 상시 모니터링 수행을 통해 위험상황에 대비해야 한다. 6단계로 분류한 관리등급은 전체적인 안정성 검토를 통해 수리와 보수가 수행된다면 다시 0등급으로 회귀하는 윤회적 시스템이다. 이를 위해서는 주기적인 정밀 모니터링을 통한 관리등급의 평가가 필요하다.

주제어 역사지진, 손상유형, 계측시스템, 모니터링, 관리등급

투고일자 2018. 05. 21 ● **심사일자** 2018. 08. 07 ● **게재확정일자** 2018. 08. 19

www.kci.go.kr

I. 서 언

홍주읍성은 홍성의 역사와 문화를 대표하는 유산으로 충청남도 홍성군 홍성읍 오관리에 위치한다. 잔존하는 성벽의 둘레는 약 800m이며, 동문인 조양문, 성내의 홍주아문 및 안회당과 같은 부대시설이 남아있다. 일부 학자들은 백제시대의 주류성으로 추정하기도 하지만[1] 고려시대까지 문헌에 등장하지 않아 초축 연대를 명확히 알 수 없다. 조선시대 초기 지방행정구역의 개편과 함께 대대적인 수축이 진행되면서 오늘날의 형태로 자리잡았다. 삼국시대부터 조선시대에 이르기까지 빈번한 왜구의 침입과 전란에도 홍성 일대의 치소가 변동 없이 홍주읍성 내에 위치하였으며, 행정중심지의 역할을 수행하였다. 조선 초기에 새로운 축성양식에 의해 쌓은 성곽이 남아있다는 점에서 연구와 보존의 가치가 큰 사적이다.[2]

문헌기록으로 처음 등장하는 문종 1년[3]부터 고종대에 이르기까지 성벽의 보수와 개축은 꾸준히 진행되었으며, 최근까지도 성벽에 발생한 구조적 문제나 손상 등으로 보수정비가 수행되었다. 특히 충남 서북부지역은 역사상 약 50회에 달하는 지진이 발생하였다.[4] 1978년 홍성을 진원으로 규모 5.0의 강진이 발생하여 일부 성벽이 붕괴되었다. 또한 2010년에는 집중호우에 의해 남문지 일대의 성벽이 피해를 입기도 하는 등 자연재해에 의한 직접적인 피해가 다수 발생하였다.

따라서 홍주읍성 성벽 손상의 원인규명과 안정적인 보존을 위해 2016년 홍주읍성 성벽에 대한 정밀조사가 수행되었다.[5] 정밀조사 결과, 홍주읍성 성벽은 크게 3가지 유형으로 나뉘며 특정한 유형에 손상이 집중되어 있음을 확인하였다. 또한 크랙디스크를 부착하여 측정하는 수동계측, 광파기를 활용한 광파측량 및 정밀계측기로 수집한 데이터를 분석하여 홍주읍성의 안정적 보존관리를 위한 거동모니터링 시스템을 구축하였다. 이 연구에서는 필자들이 수행한 성벽의 보존과학적 정밀조사 및 계측 자료를 종합하여 홍주읍성 성벽의 안정성을 검토하였다.

II. 현황 및 보수정비 이력

1. 지형 및 지질

홍성군은 한반도 중서부 해안에 분포하고 있으며 동쪽으로 예산군, 서북쪽으로 서산시, 남쪽으로 청양군 및 보령시와 접하고 있다.[6] 또한 차령산맥이 자리하고 있어 구릉지 형태의 지형을 띠고 있다. 특히 홍주읍성은 서쪽의 백월산(또는 일월산)과 북쪽의 용봉산 사이 구릉지에 위치하며, 월계천과 홍성천 등 주요 수계의 중심에 자리하고 있어 천혜의 입지조건을 갖춘 지역에 축성된 것을 알 수 있다.

---

1 『大東地志』, 권5 충청도 홍주 연혁조에서 김정호는 홍주, 지금의 홍주읍성을 주류성으로 보았지만 주목받지 못했다. 박성흥은 『洪州周留城考』에서 홍성의 학성산성을 주류성으로 비정하였으나 현재까지의 정설은 없다. 충남 서천 또는 전북 부안 등이 주류성이라는 견해도 존재한다. 서정석은 『百濟文化』 51권, 「輕部慈恩의 백제 성곽 연구」에서 현재까지의 문헌자료 검토만으로 위치를 논하기는 어려우며, 백제 성곽에 대한 고고학적인 조사와 지속적인 연구를 통한 보완이 필요하다고 서술하였다.

2 홍주대관편찬위원회, 2002, 『洪州大觀』

3 慶尙.忠淸道各官城子基, 初不依法築之, 故竝皆不合規式.然其中仍舊各官, 及期改築各官, 隨後可築各官, 與退築各官等磨勘, 謹具以聞 …… 洪州牧邑城, 周回四千八百五十六尺, 高十一尺, 女墻高二尺, 敵臺二十四內, 十八未築, 門四內, 一無擁城, 女墻六百八, 城內井二, 小川一, 海子未鑿. 『문종실록』 9권, 1년 (1451) 9월 5일.

4 기상청, 2012, 『한반도 역사지진 기록』

5 홍성군, 2016, 『홍성 홍주읍성 정밀진단용역 보고서』 공주대학교 산학협력단

6 홍성군, 1925, 『홍성군지』 제1권 자연환경, 홍성군

홍성은 경기육괴의 남서부에 위치하며, 선캄브리아기에 형성된 서산층군의 편암 및 편마암류를 기반암으로 한다. 소량 분포하는 페름기 및 하부쥐라기의 퇴적암을 제외하면 대부분 백악기의 불국사 관입암류와 시대미상의 변성암류로 구성된다. 또한 주요 수계를 따라 제4기 충적층이 넓게 발달되어 있다. 홍주읍성은 제4기 충적층에 축조되었으며, 주변으로 백악기 흑운모화강암 지대가 분포한다. 또한 이 흑운모화강암을 관입한 백악기의 반화강암, 장석반암, 섬록암 등이 관찰된다. 대부분의 암석은 북동-남서 방향으로 평행하게 발달한다.[7]

이 일대에서는 대륙충돌이나 섭입대와 같은 특수한 지구조 환경에서 형성되는 에클로자이트(eclogite)가 확인되었다. 이는 페름기 말에서 트라이아스기에 발생한 남중국판과 북중국판 충돌의 연장선으로 추정되며, 활발한 지구조 운동이 진행되었음을 의미한다. 또한 홍성과 광천 지역에서 확인된 데본기의 변성작용과 함께 페름기-트라이아스기의 대륙충돌 이전에도 이 지역은 활발한 지구조 운동이 지속되었다.[8]

고문헌에 나타난 역사지진의 분포에서도 태안반도 일대에 다수의 지진기록이 있으며, 국내에서 지진관측을 시작한 이래로 수차례의 지진이 감지되었다.[9] 1978년에는 리히터규모 5.0의 강한 지진이 발생하여 인명피해와 함께 건물 및 성곽의 붕괴 등 큰 피해를 발생시켰다. 홍성 일대는 한반도 내륙에서 상대적으로 지진의 발생이 높은 지역이며, 빈도도 증가하는 추세를 보인다. 지진의 예측은 불가능하지만 홍성일대의 지질과 역사지진 및 지진관측 자료를 종합해 볼 때, 지구조적 운동에 의한 지진 발생의 가능성이 높은 지역이다.

2. 변천과정과 현황

홍주읍성에 대한 초축연대는 기록으로 남아있지 않으며, 고려시대에도 수축 및 개축에 대한 기사를 찾아볼 수 없다. 다만 조선 초기 2차 왕자의 난 때, 이방간이 홍주의 고읍성에 유배되었다는 기록으로 보아 조선시대 이전부터 읍성이 존재했음을 알 수 있다. 홍주읍성이 역사기록에 구체적으로 등장하는 것은 『세종실록지리지』 홍주목 읍성조이다. 기록에 의하면 석축성의 둘레는 533보 2척이며, 겨울이나 여름에도 마르지 않는 샘이 있다는 기록으로 홍주읍성의 존재와 대략적인 규모를 짐작할 수 있다.[10]

홍주읍성의 규모에 대해서는 『문종실록』에 다음과 같이 비교적 상세히 기록되어 있다. 문종1년(1451) 읍성의 주위가 4,856척에 높이가 11척이고 여장의 높이가 3척이다. 적대가 24개소 내에 18개소는 아직 쌓지 않았고 문이 4개소에 그 중 1개에는 옹성이 없다. 여장이 608개이고 성안에 우물이 2개소가 있으며, 작은 내가 1개소에 있다. 해자는 아직 파지 않았고 물러서 쌓았다고 기록하고 있다. 이를 통해 성이 완전하게 수축된 것은 아니었음을 알 수 있다.[11]

이후 『신증동국여지승람』에는 성의 둘레와 높이가 달라지고 우물의 숫자가 늘어난 것으로 보아 수축이 있었음을 알 수 있다. 19세기까지 홍주읍성의 규모와 시설에 관한 기록은 거의 변함이 없다가 순조 23년(1823)에 수축이 이루어진다. 당시 수축에 관한 기록에는 8월에 착공하여 11월에 완공하였으며 성의 주위 2,350척 가운데 파훼된 760척을 신축하고 환성에 회칠을 하면서 2,300척으로 만들었다. 성의 북문 3칸을 새로 건립하고 남문에 옹성으로 둘러진 곳을 도로 터서 회벽으로 축조하여 홍예문이라 하였으며 동·서문의 무너진 곳도 마찬가지로 중수했다.[12]

1867년에 홍주목사로 부임한 한응필(韓應弼)은 홍주읍성 축성의 치적으로 임금에게 표리일습(表裏一襲)을 하사 받았으며, 고종 7년(1870)에는 대대적인 개수가 이루어졌다. 당시의 개수 결과, 성은 기존 1,830척에 560척을 증보하여 석축하는 동시에 650개의 첩, 130개의 치, 2개의 곡성, 우물 4개소, 연못 등을 설치했다. 동시에 성내 하천의 범람을 방지하기 위해 동서에 수문을 두어 서문천의 물을 끌어, 서편 수문에서 동편 수문을 거쳐 금마천(현 삽교천)으로 흘러가게 하고, 동·서·북 세 곳에 문을 다시 세웠다.

남문은 홍예문으로 세웠고 2월 27일 준공한 다음 조정에 보고하였다. 동년 10월 홍성대원군으로부터 휘호한 문액을 받았는데 동문은 조양문(朝陽門), 서문은 경의문(景義門), 북문은 망화문(望華門)이라고 각각 명명하였다. 문액은 현재 모두 전하고 있지 않다. 남문은 문루가 없고 그 외에는 모두 문루가 있으며 조양문의 문비는 철판이었고, 서문과 북문의 문비는 판목이었다. 현존하는 조양문의 문액은 김희영(金希英)의 글씨이다. 문헌자료에 나타난 홍주읍성의 규모와 시설변화는 〈표 1〉과 같다.

성곽은 조선시대 후기까지 사용되었지만 1894년 동학농민운동으로 남문(홍예문)과 북문의 문루가 소실되었다. 을사늑약 체결에 항거하여 발생한 병오항일의병에서는 의병 1천여명이 홍주읍성을 점령하여 수비하였으며, 일본군의 공격 과정에서 조양문의 철비가 폭파되고 성문의 쌓은 돌들이 손상을 입었다. 일제강점기 내각령 제1호 〈성벽처리에 관한 안건〉가 1907년 발효되면서 조양문, 홍주아문, 안회당, 여하정 등 4동의 건물과 일부 성벽을 제외한 대부분의 구간이 훼철되었다.

1972년 10월 14일 사적으로 지정되면서부터 조양문을 중심으로 본격적인 보수정비가 진행되었으며, 2006년부터 시작한 학술조사를 통해 훼철된 구간의 실체를 파악하였다. 조사 결과를 토대로 2013년 남문인 홍화문을 복원하였고, 2015년 수구지 발굴 및 성벽정비를 통해 현재와 같은 상태를 갖추게 되었다. 홍주읍성의 전체 길이는 약 1,772m로 추정되나 잔존 길이는 약 800m 정도이다. 성벽의 전체 길이는 측정시기에 따라 기준이 상이하여 다소 차이를 보이며, 2013년 기록화조사사업에서는 약 752m, 2016년 홍주읍성 정밀조사에서는 783m로 측정되었다.[13]

표 1. 문헌에 나타난 홍주읍성의 규모와 시설(홍주대관편찬위원회, 2002)

기 록	읍성둘레 (높이)	치성	옹성	성문 (문루)	정-지-천	해자	작대 (미축)	여장 (높이)
세종실록지리지	533보 23척	–	–	–	1-0-0	–	–	–
문종실록	4,856척(11척)	–	3	4	2-0-1	없음	24(18)	608(2척)
신증동국여지승람	4,915척(15척)	–	–	–	3-0-0	–	–	–
동국여지지	4,915척	–	–	4	3-0-0	–	–	–
여지도서	5,850척	(7)	–	3(2)	–	–	–	367
충청도읍지	1,300척	(3)	–	–	3-3-0	–	–	368
여도비지	5,850척(26척)	(8)	–	4	3-0-0	–	–	368
호서읍지	1,830양전 척	123(2)	–	–	3-4-0	–	–	615
홍주지도	–	–	–	–	3-2-0	–	–	–
한국근대도지	1,830양전 척	123(2)	–	–	3-4-1	–	–	615
한국근대읍지	1,830양전 척	123(2)	–	–	3-4-1	–	–	615

7 국립지질조사소, 1963, 『홍성도폭설명서』

8 오창환, 2012, 「원생대 이후 트라이아스기까지의 남한과 동북아시아의 지구조진화」, 암석학회지, 21, 59-87.

9 기상청, 2012, 앞의 책.

10 한건택, 2013, 「홍성의 홍주목관아와 전영 관련 역사문화자원과 활용방안」, 충청학과 충청문화, 16, 57-65.

11 홍주대관편찬위원회, 2002, 앞의 책.

12 홍성군, 1925, 앞의 책.

13 한건택, 앞의 책.

www.kci.go.kr

3. 보수정비 이력

홍주읍성은 조선 초기 대대적인 수축 이후 임진왜란을 거쳐 18세기까지 보수정비에 관련된 기록은 나타나지 않는다. 정비에 대한 직접적인 언급은 없으나 효종 7년(1656년) 동국여지지에서 성벽의 둘레를 4,915척으로 기록하였고, 영조 35년(1759년) 여지도서에 5,850척으로 약 1,000척 가량 증가한 것으로 보아 기록에는 나타나지 않으나 보수정비가 진행된 것을 알 수 있다(표 2).

성벽의 보수를 언급한 최초의 기록은 조선왕조실록 순조 23년(1823년)의 기사로 기존에 있던 환성에 회칠을 하고 확장 보수공사를 실시한 내용이다(표 2). 이 시기 성의 북문 3칸을 새로 건립하고 동문과 서문을 중수하였으며, 파훼된 760척을 신축하는 등 대대적인 정비가 진행되었다. 고종 7년(1870년)에는 석축을 증보하고 수구지를 세웠다는 기록으로 보아 수구지는 이 시기 축조되었으며, 조선후기까지 홍주읍성이 이용되었음을 지시한다.

일제강점기 홍주읍성의 북쪽성벽이 훼철되고 부대시설 중 일부만 남게 되었다. 1972년 사적으로 지정되기 전까지 홍성군의 주관으로 조양문을 3차례 보수한 내용이 전부이며, 사적으로 지정된 이후에 본격적으로 보수정비가 진행되었다. 1970년대 이후의 보수정비 기록은 대부분 남아있으며, 홍주읍성의 서측 성벽은 거의 대부분 보수정비가 수행되었다. 1978년 발생한 지진, 1979년과 2010년의 집중호우 여파로 성곽의 붕괴가 발생하였으나 현재 모두 보수된 상태이다.

홍주읍성 전역에 걸쳐 보수 및 정비가 진행되었으며, 남문지 서쪽의 성곽 약 100m 가량은 보수정비 기록이 남아있지 않다. 그러나 남문지 서쪽 성곽의 축조양식이 수직적으로 다른 형태를 가지며, 최상부 성돌은 1997년 이후 보수에 활용한 암종과 유사한 것을 사용하였다. 따라서 남문지 서쪽 성벽은 보수정비가 진행되었지만 기록이 남아있지 않은 구간이며, 근대 이후 거의 모든 구간에서 1회 이상 보수가 진행되었음을 알 수 있다(사진 1).

표 2. 홍주읍성의 주요 보수정비 이력

연 도	보 수 내 역
1451년	초축 연대는 정확히 알 수 없으나 문종 1년 조선 초기 성벽 양식으로 축조
1823년	순조 23년 홍주목사 이헌규와 진장 김계묵에 의해 환성에 회칠을 하고 확장 및 보수공사 실시
1870년	고종 7년 홍주목사 한응필에 의해 석축을 증보하였으며, 650개의 첩과 130개의 치, 2개의 곡성, 우물 4개소, 못을 신설 성내 하천 범람 방지를 위해 수구지를 세움
1917년	군수 임연상이 군내 각 호에서 5전씩 연출하여 조양문을 보수
1959년	홍성군 교육구가 80만원의 예산을 투입하여 조양문을 보수
1969년	군수 신광철이 군비 50만원을 투입하여 조양문 단청을 보수
1973년	홍주읍성의 서측과 남측성벽 일부 보수
1975년	조양문 문루 해체보수
1981년	1978년 지진으로 붕괴된 구간 보수
1995년	남측성벽 일부 보수
1997년	서측과 남측 성벽 각각 약 20m 보수
1998년	홍주초교 인근 성벽과 남서측 성벽 각각 약 70m 보수
1999년	홍주초교 인근 성벽과 남문 근처 성벽 일부 보수
2008년	북문지 인근 발굴조사를 통한 북문지 확인
2009년	남문지 인근 발굴조사를 통한 남문지 문루시설 확인, 조양문, 홍주아문 보수 실시
2010년	2010년 집중호우로 붕괴된 구간 보수
2013년	남문인 홍화문 보수
2013년	수구지 발굴, 홍주읍성 서쪽 성벽 정비

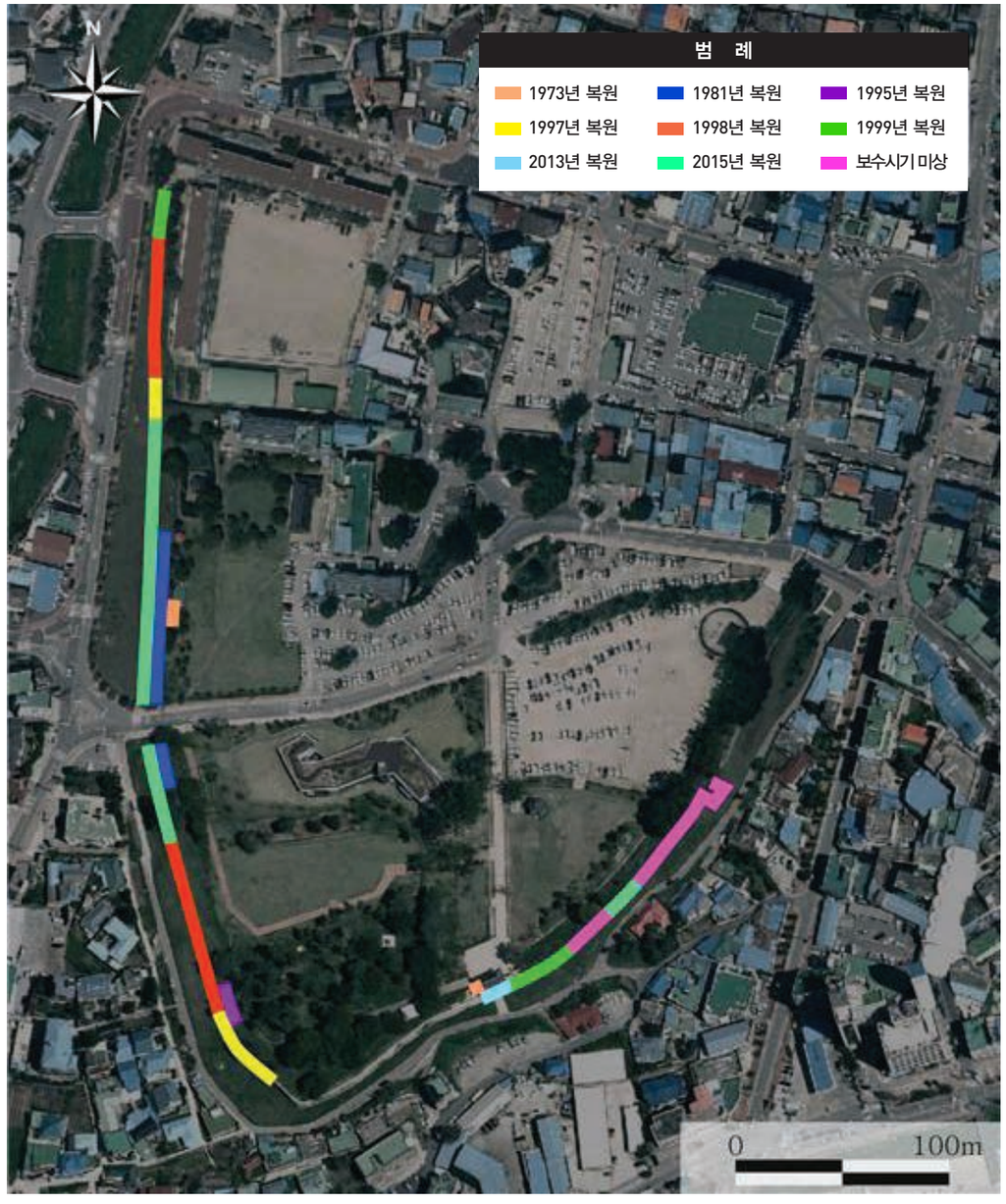


사진 1. 홍주읍성의 주요 보수구간 현황 요약

Ⅲ. 성벽의 형태와 유형분류

1. 축성형태와 분류기준

일반적으로 성곽은 가장 큰 규모의 문화유산이며, 큰 규모만큼 다양한 구성요소로 이루어져 있다. 이 중 성벽은 성문과 내부건물지 등을 제외한 대부분을 차지하기 때문

www.kci.go.kr

에 우리에게 가장 많은 정보를 제공한다. 트렌치나 제토를 통한 발굴조사는 축조방식 확인, 안정성 평가에 필요한 양질의 정보를 얻을 수 있지만 제한적인 상황에서만 가능하다. 따라서 현장 조사는 성벽의 속성을 파악하기 위한 가장 기초적이면서 효과적인 방법이다.

석성과 토성은 본질적으로 사용된 재료의 차이가 있으며, 각각의 구간 내에서도 축조재료의 차이를 확인할 수 있다. 홍주읍성은 조선 초기 석성으로 수축되었으며, 외벽만 석축을 사용하고 내측은 흙을 사용해 축조한 편축방식의 성벽이다. 조선시대에 걸쳐 수차례 성벽 보수정비가 진행되었으며 근대까지 수많은 구간을 개축 및 보수하였다. 따라서 홍주읍성은 매우 다양한 속성을 갖는 성벽들로 구성되어 있으며 각각 재료 및 형태적 특성에 차이를 보인다.

고고학 분야에서는 이미 성곽유산 조사에서 성벽의 지표조사를 활발히 진행하고 있다. 특히 석성의 경우, 사용된 성돌의 치석 방법에 따라 축성 시기를 짐작해 볼 수 있기 때문이다. 삼국시대의 성벽은 위치와 무관하게 같은 크기의 성돌을 이용하며, 통일신라시대의 성벽은 최하단에 놓이는 지대석만큼은 눈에 띄게 큰 성돌을 이용하는 것이 특징이다.[14]

조선시대 성벽의 경우, 한양도성을 통해 시대에 따른 축조양식의 변천과정이 체계적으로 연구되었다. 성벽의 구분을 위해 성돌의 크기와 치석 방법, 축조 형태를 종합적으로 고려한 결과를 토대로 4가지로 대분하였으며, 고문헌의 기록이나 성돌에 새겨진 각자를 토대로 각각 태조부터 세종, 숙종, 순조연간으로 추정하였다.[15]

성벽의 치석 방법이나 축조형태 외에도 성돌의 암석학적 특성은 중요한 분류기준이다. 한양도성은 조선 초기에 주로 도성과 인접한 석산에서 석재를 조달한 반면, 후기로 갈수록 도성 외부의 고정 채석장으로부터 석재를 공급받았다. 따라서 축조시기에 따라 치석 방법 및 축조형태 뿐만 아니라 사용된 석재의 암석학적 특징이 상이하게 나타난다.[16]

이 외에도 돌을 쌓는 과정에서 치석기법과 채움의 형태에 따라 분류할 수 있다. 현대건축에서 채움재 종류에 따라 흙과 자갈 등 천연재료를 사용한 메쌓기와 콘크리트나 모르타르 등을 채운 찰쌓기 등 다양한 형태로 나눈다. 내부 채움에 콘크리트나 모르타르를 사용한 구간은 복원구간으로 판단할 수 있으며, 채움 재료의 충전방식과 밀도에 따라 안정성도 차이를 보일 것이다. 따라서 홍주읍성 성벽의 구간 분류에는 축성형태나 치석방식에 따른 형태적 특징 외에도 성돌의 구성암석, 채움의 종류 등 재료학적인 부분을 고려하여 축성형태의 특징에 따라 구간을 분류하였다.



사진 2. 홍주읍성 성벽의 수평 및 수직적 경계.
(A) 수평적으로 축조방식에 차이를 보이는 경계구간, (B) 수직적으로 서로 다른 축조방식이 경계를 이루고 있는 성벽

14 서정석, 2002, 「百濟의 城郭」, 학연문화사, 1–338.

15 최종규, 2012, 「서울 한양도성의 축성시기별 성벽 형태 및 구조 고찰」, 서울학연구, 47, 67–117. 한양도성에서 분류한 시대별 축성유형을 홍주읍성에 적용하는 것은 어려움이 있다. 한양도성의 성돌에는 축성정보와 연대를 각자하여 형태와 시대의 관계가 규명되었으나, 지방의 읍성들은 축성양식과의 동질성 고증에 대한 연구는 미비하다.

16 조영훈, 이찬희, 2015, 「한양도성 석재공급지 추정을 위한 고문헌 분석 및 암석학적 데이터베이스 구축」, 암석학회지, 24, 39–52.

2. 형태적 특징

성벽의 보수는 붕괴 또는 구조적 문제가 발생할 때 수행하며, 일반적으로 불안정한 성벽을 해체하고 다시 축조한다. 따라서 성벽은 수직적으로 동시기에 축조되었으며, 수평적으로는 축조시기에 차이를 보이는 경우가 대부분이다. 그러나 홍주읍성에서는 성벽 보수과정에서 구조적 문제가 발생한 지점의 상부만 해체하고 하부의 기존 성벽을 그대로 유지하기도 하였다(사진 2A, 2B). 따라서 부분적으로 축조 및 개축의 순서대로 하부에서 상부까지 수직적인 변화로 나타난다.

성벽의 수평적 변화는 구조적 문제 및 붕괴가 발생한 범위를 나타내는 반면, 수직적인 변화는 보수가 진행된 횟수와 밀접한 관계를 갖는다. 수평적으로 성벽의 변화가 나타나는 구간은 대부분 근대 이후 보수과정에서 성벽 전체를 해체한 구간이다. 따라서 홍주읍성에서 축성유형의 뚜렷한 변화는 수평적 변화보다 수직적 변화에서 명확하게 볼 수 있다.

홍주읍성 성벽의 축성양식은 치석형태에 따라서 명확하게 구분된다. 자연석 및 할석을 사용한 구간, 야석을



사진 3. 홍주읍성 성벽의 축성유형. (A) 유형 I 성벽의 대표단면, (B) 유형 II 성벽의 대표단면, (C) 유형 III 성벽의 대표단면, (D) 4단 이상으로 구성된 성벽

www.kci.go.kr

사용한 구간 및 절석을 사용한 구간 등 총 3개 구간으로 분류할 수 있다. 자연석 및 할석을 사용한 구간은 성벽의 최하부에서만 나타나며, 특정한 형태 없이 면석의 외면만 맞춰 돌을 쌓아올렸다. 야석을 사용한 성벽은 성벽의 최하부에서부터 시작하거나 하부에 자연석 및 할석으로 축조된 성벽의 상부에 위치한다. 거의 일정한 크기로 외형을 다듬은 성돌을 사용하여 높이을 일정하게 맞춰 쌓았다. 마지막으로 절석을 사용한 구간은 전체 성벽이 모두 절석을 사용하였거나 다른 치석형태의 성벽 위를 덮고 있다.

성벽의 수직적 형태에 따라 치석기법이 명확히 구분

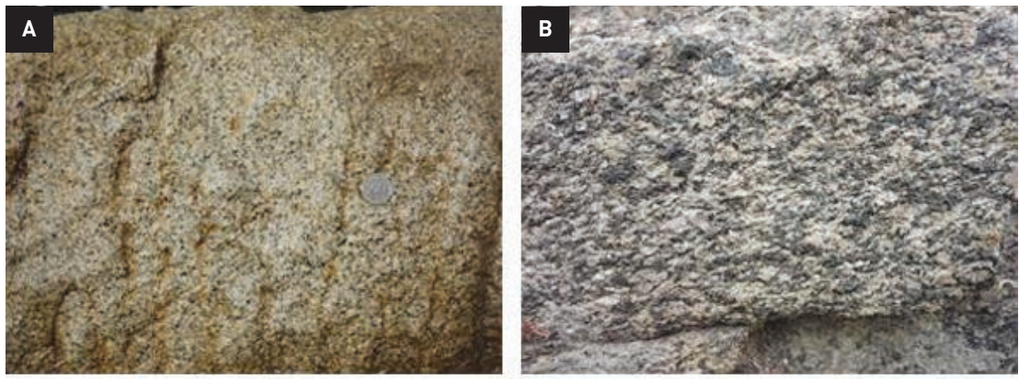


사진 4. 홍주읍성을 구성하는 다양한 암종의 산출상태. (A) 흑운모화강암. (B) 섬록암. (C) 안산암질암. (D) 반화강암. (E) 편마암. (F) 페그마타이트

되며, 구성하는 단의 수와도 밀접한 연관을 갖는다. 전체가 동일한 치석형태의 성돌을 사용한 경우 모두 절석이 적용되었으며, 단의 숫자와 무관하게 최상부는 절석이 사용되었다. 모든 성벽의 상부는 절석으로 마감되어 있으며, 색이나 풍화상태로 보아 최근에 보수한 성벽으로 보인다(사진 3A). 2단으로 구성된 경우 대부분 하부에 자연석 및 할석을 사용하였으며, 일부 구간에서 야석이 관찰된다. 이 위에 절석이 올려있는 형태이다(사진 3B). 3단으로 구성한 성벽은 하부의 자연석 및 할석 성벽 상부로 야석이 관찰되며, 최상부는 보수한 절석이 놓여있다(사진 3C). 4단 이상으로 구성된 성벽도 일부 관찰된다(사진 3D).

3. 재료학적 특징

홍주읍성 축성암석은 다양한 암종으로 구성되어 있으며, 대부분 화성암이 사용되었다. 미량의 변성암이 분포하며, 퇴적암류는 관찰되지 않는다. 주요 구성암석은 화강암류, 안산암질암, 섬록암, 편마암 등이며, 암종의 분포는 형태적 특징과 밀접한 연관성을 갖는다(사진 4). 자연석 내지 할석의 경우 안산암질암과 섬록암의 비율이 매우 높다. 반면 야석과 절석은 화강암류를 사용하였으며, 소량의 반화강암 및 페그마타이트가 관찰된다. 또한 야석에 사용한 화강암은 주로 담회색을 띠며, 절석은 담홍색의 화강암으로 기재적 특징에 차이가 나타난다.

수구지와 조양문 육축의 구성암석은 성벽과는 다른 분포양상을 보인다. 수구지의 경우 안산암질암과 섬록암 및 화강암으로 구성되며, 성벽에 비해 안산암질암과 섬록암의 점유율이 높다. 안산암질암과 섬록암은 성벽을 구성하는 암석과 유사한 기재적 특징을 보이지만, 화강암의 경우 성벽을 구성하는 화강암과 달리 흑운모의 함량이 높은 특징이 있다.

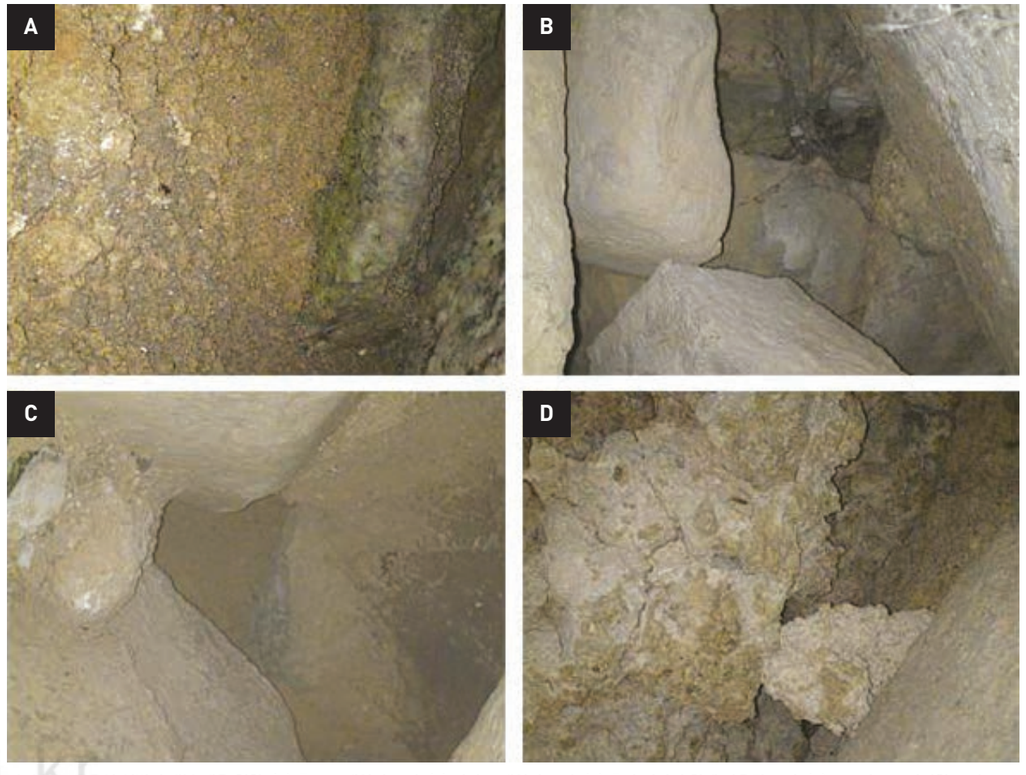


사진 5. 홍주읍성 성벽의 내부 채움 현황. (A) 흙으로 채워진 구간. (B) 자갈로 채워진 구간. (C) 흙과 자갈이 함께 사용된 구간. (D) 모르타르로 마감한 구간

www.kci.go.kr

조양문 육축은 안산암질암 성돌 1개를 제외하면 모두 화강암류로 구성되어 있으며, 담회색 및 담홍색 화강암으로 구분된다. 조양문 육축의 정면 중앙부에서만 담회색 화강암이 관찰되며, 배면부는 모두 담홍색 화강암이 사용되었다. 전반적인 풍화도나 치석형태로 보아 담홍색 화강암은 보수정비 과정에서 사용한 보수용 석재로 판단된다.

성돌의 이격된 틈에 내시경 카메라를 삽입하여 채움재료와 분포상태를 확인하였다. 대부분의 구간에서 흙과 자갈을 활용하여 내부를 채웠으며(사진 5A, 5B), 구간에 따라 흙과 자갈을 혼합하여 사용하기도 하였다(사진 5C). 채움재의 밀도는 구간에 따라 차이를 보이지만 동일한 구간 내에서도 구조적 변형이나 배수 등 다양한 요인에 의해 현격한 차이가 있다. 근래에 보수한 성벽에는 천연재료인 흙과 자갈을 사용한 구간도 있지만, 일부 구간에서 시멘트 모르타르와 콘크리트가 관찰된다(사진 5D).

4. 성벽의 유형 및 분류

홍주읍성 성벽의 재료적 특징은 형태적 특징과 함께 변화하며, 특히 성벽 형태의 수평적 변화보다 수직적 변화에 밀접하게 나타난다. 따라서 성벽의 형태적 특징 중 수직적 변화에 따라 유형을 분류하면 재료적인 특징이 함께 반영되기 때문에 이를 기준으로 유형을 분류하였다. 따라서 성벽의 수직단면에서 형태적 특징에 따라 구분되어지는 단의 수에 따라 유형 I, 유형 II, 유형 III으로 구분하였다.

유형 I은 성벽의 수직적 변화 없이 전체가 동일한 암석과 축성양식을 보이는 구간으로, 절석만을 사용하여 보수한 구간이다. 유형 II는 서로 다른 형태적 특징을 갖는 성벽이 2단으로 구성된 성벽이다. 하부는 자연석 내지 할석으로 구성된 기존의 성벽이며, 상부는 절석으로 치석한 화강암으로 보수한 성벽이다. 유형 III은 3단 이상으로 구성된 성벽이다. 유형 II 성벽에서 관찰되는 두 형태 사이에 야석 형태로 치석한 장방형의 화강암 성돌이 포함된다.

표 3. 홍주읍성 성벽 구간별 유형 및 제원. 지점 번호는 〈사진 6〉과 같음

지점	치석 형태	축조유형	채움 종류	구성 암종	비 고
1	절석	유형 I	흙, 자갈	rG	보수 성벽
2	자연석, 할석, 절석	유형 II	자갈	Di, An, cG, rG	–
3	절석	유형 I	흙, 자갈	rG	보수 성벽
4	자연석, 할석, 절석	유형 II	모르타르	Di, An, cG, rG	–
5	절석	유형 I	자갈	rG	보수 성벽
6	자연석, 할석, 절석	유형 II	자갈	Di, An, cG, rG	–
7	절석	유형 I	모르타르	rG	보수 성벽
8	절석	유형 I	자갈	rG	보수 성벽
9	자연석, 할석, 절석	유형 II	자갈	Di, An, rG	–
10	절석	유형 I	흙, 자갈	rG	잡석 사용
11	자연석, 할석, 야석, 절석	유형 III	흙, 자갈	Di, An, Ap, fG, cG, rG	–
12	자연석, 할석, 절석	유형 II	자갈	Di, An, rG	–
13	자연석, 할석, 야석, 절석	유형 III	흙, 자갈	Di, An, Ap, fG, cG, Gn, rG	–
14	절석	유형 I	자갈	rG	보수 성벽
15	절석	유형 I	모르타르	rG	보수 성벽
16	자연석, 할석, 절석	유형 II	흙, 자갈	Di, An, Gn, rG	–
17	절석	유형 I	흙, 자갈	rG	보수 성벽
18	자연석, 할석, 야석, 절석	유형 III	흙, 자갈	Di, An, Ap, fG, cG, rG	–
19	절석	유형 I	흙, 자갈	rG	보수 성벽
20	자연석, 할석, 야석, 절석	유형 III	흙, 자갈	Di, An, Ap, fG, cG, rG	–
21	절석	유형 I	흙, 자갈	rG	보수 성벽

Di; 섬록암, An; 안산암질암, Ap; 반화강암, rG; 담홍색화강암, fG; 세립질화강암, cG; 조립질화강암, Gn; 편마암

www.kci.go.kr

홍주읍성 성벽의 수직적 구성이 변화하는 지점을 기준으로 치석 형태와 축조유형을 구분하였으며, 개별 구간에 대한 채움종류와 구성암종 및 특이사항을 기재하였다. 이 결과, 총 21개의 서로 다른 성벽의 유형이 확인되었으며, 각각의 구간과 위치는 〈사진 6〉과 같으며, 구간별 유형과 제원은 〈표 3〉과 같다.

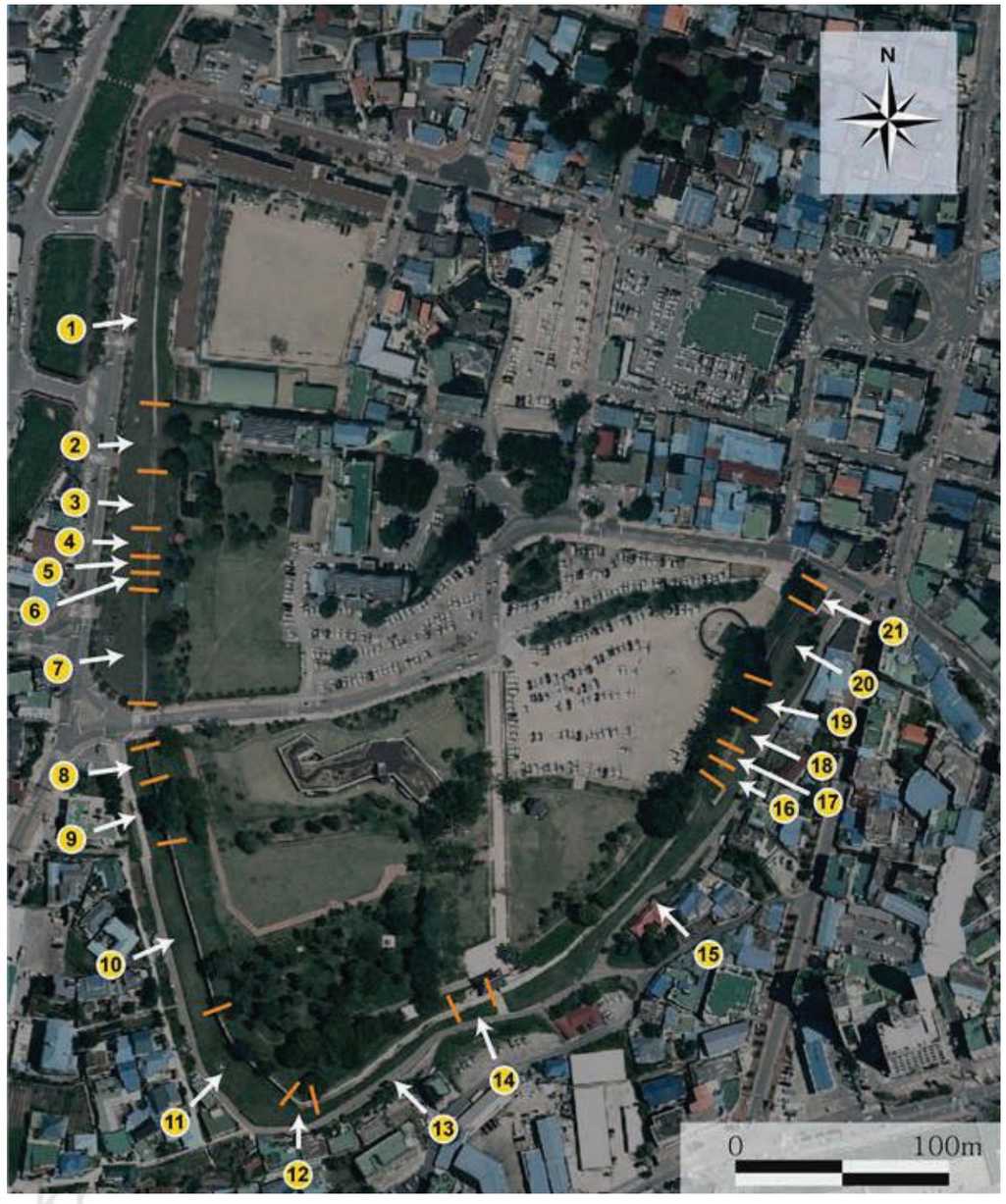


사진 6. 홍주읍성의 축성유형 및 형태에 따른 구간 분류, 번호는 〈표 3〉과 같음

유형에 따른 분포양상을 살펴보면, 유형 I은 홍주읍성의 서쪽 성벽과 홍화문의 동쪽에 널리 분포한다. 유형 III은 홍화문의 서쪽과 치성의 북쪽에 밀집되어 나타나며, 유형 II는 다른 유형의 성벽 사이에 부분적으로 산재한다. 유형 I이 가장 높은 점유율을 보이며, 유형 II는 가장 낮은 점유율을 나타낸다. 유형 I은 보수 정비를 통해 전체 성돌이 보수용 석재로 구성된 유형으로, 거의 대부분의 구간에서 보수정비가 진행된 이력사항과 일치하는 결과이다.

Ⅳ. 손상상태 및 안정성 검토

1. 손상상태

홍주읍성 성벽에서 관찰되는 손상유형 파악을 위해 정밀조사를 수행한 결과, 성돌의 돌출, 기초부 성돌의 유실, 부재 이격, 성돌의 균열 및 단열, 배부름 현상, 기초 불안정 및 구조적 변형 등 다양한 손상유형이 확인되었다. 이러한 손상들은 단일유형으로 나타나기도 하며, 여러 손상유형이 복합적으로 발생하기도 한다. 홍주읍성 성벽의 전체구간에 대해 육안조사를 수행하였으며, 손상 성벽의 현황을 파악하였다. 손상구간의 위치는 〈사진 7〉과 같으며, 유형 및 제원은 〈표 4〉와 같다.

성벽의 손상구간은 서쪽의 홍주초등학교 인근, 남쪽의 홍화문 서쪽, 동쪽의 치성 북쪽 등 3개 구간에 밀집해있다. 홍주읍성에서 가장 흔하게 볼 수 있는 손상유형은 구조적으로 변형된 배부름 현상이다(사진 8A). 성곽과 같은 조적식 구조물은 하중의 안정적 전달을 위해 내부 채움재로 흙이나 자갈 등을 사용한다. 그러나 환경적 요인으로 채움재의 밀도 차이가 발생하게 되면 편하중이 수반되어 구조적 변형을 유발한다. 홍주읍성의 경우, 외벽만 돌로 쌓고 내측은 흙으로 채우는 편축 방식으로 축조되었기 때문에 수평토압에 의한 측압이 강하게 작용하며, 구조적으로 약해진 성벽에서 배부름 구간이 다수 나타난다.

배부름 현상 외에 성벽의 하부 기초가 불안정한 모습도 관찰되지만 여러 곳에서 많이 관찰되지는 않는다. 일반적으로 기초부의 불안정은 산성에서 흔히 관찰되는 손상유형으로 산사면의 급경사에 위치한 성벽에서 하부 지지구조의 불량으로 자주 관찰된다. 그러나 홍주읍성은 평탄지에 축조되었기 때문에 이러한 양상은 나타나지 않으며, 주로 개보수 과정에서 하부와 상부의 축조양식이 다른 경우 그 경계부에서 단을 내측으로 들여쌓으면서 발생한 것으로 보인다(사진 8B). 일부 구간에서는 성돌이 유실된 형태로도 관찰된다(사진 8C).

성벽의 구성 요소인 성돌 단위로 발생하는 손상유형으로는 성벽부재의 돌출, 부재간 이격, 성돌의 균열 및 단열

표 4. 홍주읍성 성벽의 부분적 손상구간 유형 및 제원. 지점 번호는 〈사진 7〉과 같음

지 점	위 도	경 도	길 이	손 상 유 형
1	N 36°36' 8.58"	E 126°39' 35.32"	370cm	배부름 현상
2	N 36°36' 7.89"	E 126°39' 35.28"	250cm	배부름 현상, 성벽부재 돌출
3	N 36°36' 7.65"	E 126°39' 35.23"	190cm	배부름 현상
4	N 36°36' 6.58"	E 126°39' 35.24"	-	성벽부재 균열
5	N 36°36' 5.99"	E 126°39' 35.20"	280cm	배부름 현상
6	N 36°36' 5.47"	E 126°39' 35.24"	270cm	기초 불안정, 배부름 현상
7	N 36°36' 5.00"	E 126°39' 35.25"	590cm	배부름 현상
8	N 36°35' 56.94"	E 126°39' 36.42"	-	성벽부재 균열
9	N 36°35' 56.29"	E 126°39' 36.68"	400cm	배부름 현상
10	N 36°35' 55.70"	E 126°39' 37.36"	1,180cm	기초 불안정
11	N 36°35' 55.33"	E 126°39' 37.93"	360cm	배부름 현상, 부재간 이격
12	N 36°35' 55.54"	E 126°39' 38.55"	970cm	배부름 현상
13	N 36°35' 56.08"	E 126°39' 39.45"	410cm	배부름 현상
14	N 36°35' 56.54"	E 126°39' 40.29"	210cm	배부름 현상
15	N 36°36' 0.38"	E 126°39' 45.67"	950cm	기초 불안정, 배부름 현상, 부재간 이격
16	N 36°36' 0.88"	E 126°39' 45.92"	300cm	배부름 현상, 성벽부재 균열
17	N 36°36' 1.62"	E 126°39' 46.37"	550cm	배부름 현상
18	N 36°36' 2.22"	E 126°39' 46.69"	470cm	배부름 현상
19	N 36°36' 2.87"	E 126°39' 47.38"	530cm	부재간 이격

www.kci.go.kr

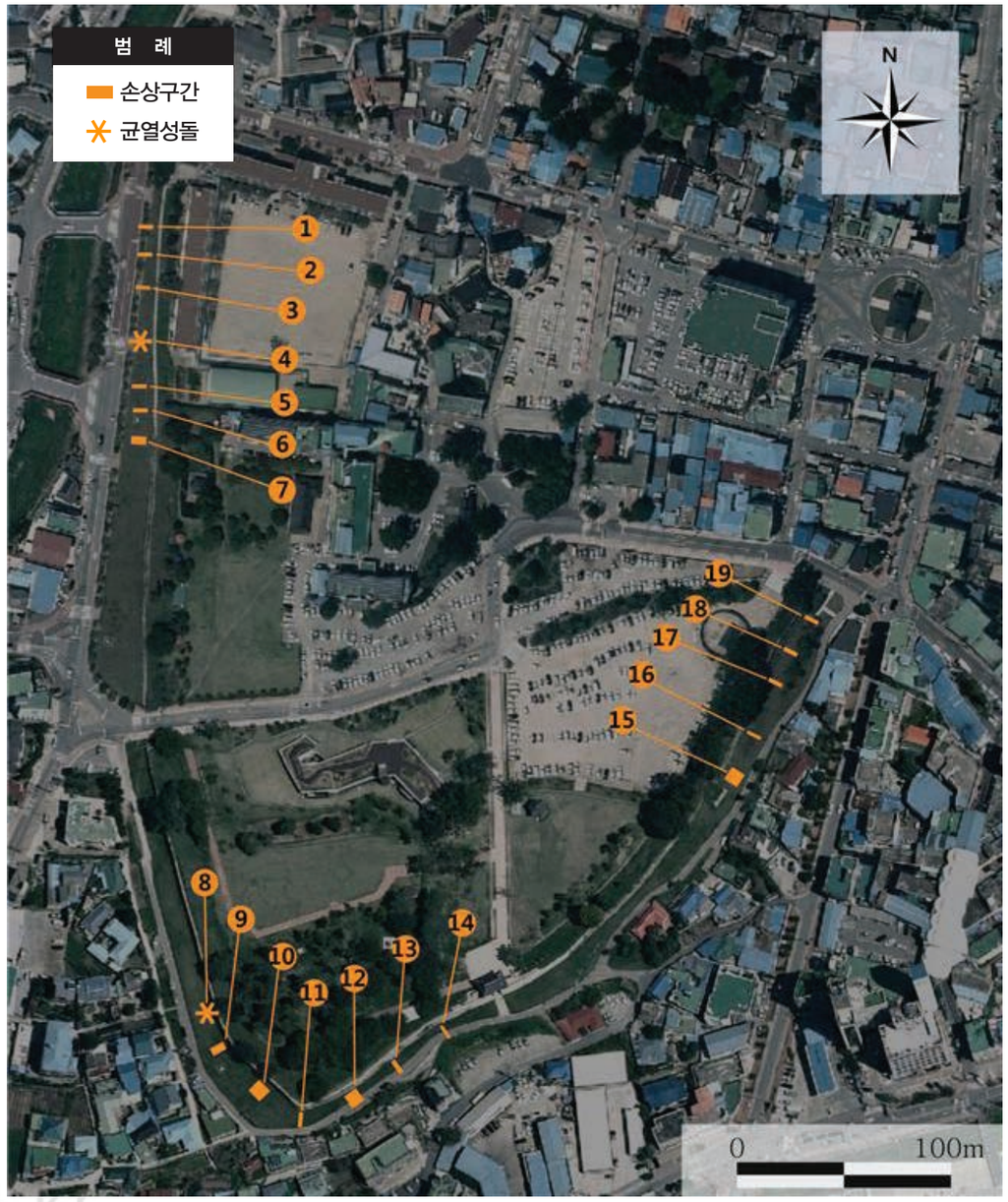


사진 7. 홍주읍성 성벽의 부분적 손상구간 위치, 번호는 표 4와 같음

이 관찰된다(사진 8D). 주변 성돌과 제대로 결속되지 못하고 외측으로 돌출하거나 인장되어 이격되기도 한다. 축조 당시에는 개별 성돌이 받는 하중은 수평적으로 평형상태를 유지하였으나 돌출과 이격의 발생으로 구간에 따라 유효하중이 증가하거나 감소하였을 것이다. 풍화에 의해 약해진 성돌은 증가된 하중에 의해 균열이 발생하였고, 점차 성장하여 부재가 완전히 파손되거나 분리되었다. 이처럼 손상된 부재들이 다수 밀집해있다면 성벽의 결속력을 약화시키게 되며, 장기적으로 구조적 변형을 유발할 것으로 판단된다.

이 연구에서는 성벽의 손상상태 조사를 통해 확인한 손상구간 중 동쪽, 서쪽 및 남쪽 성벽을 대표할 수 있는 지점을 선정하여 비파괴 정밀진단을 수행하였다. 또한 수구지는 성벽과는 다른 속성을 지니기 때문에 별도로 조사를 수행하였다. 각각의 대표 지점은 현재의 손상상태를 가시적으로 확인할 수 있으나, 이 연구에서는 전체적인 안정성을 검토하기 위해 수동으로 수동계측과 광파측정 자료를 활용하였다.

2. 수동계측 및 광파측정

수동계측은 설치기간이 짧고 비용이 저렴하여 균열이 발생한 구조물을 모니터링하는 데 많이 이용하고 있다. 이 연구에서는 정밀조사를 근거로 부재의 가장자리에 수동 계측기를 부착하여 거동에 따른 이격거리 변화를 모니터링 하였다. 수동계측에 사용된 도구는 변위디스크(SD-1080), 디지털 캘리퍼스(Mitutoyo, Absolute Digimatic Caliper 500-153), 스틱형 에폭시 수지(Axia, Magicstik)이다. 변위 디스크는 스텐리스 재질로 가볍고, 가격이 저렴한 장점이 있다(사진 9A). 지름이 7㎜이고 두께가 1.5㎜인 원



사진 8. 홍주읍성 성벽의 보존현황. (A) 배부름 현상. (B) 기초 불안정. (C) 기초부 성돌의 유실. (D) 성돌의 돌출

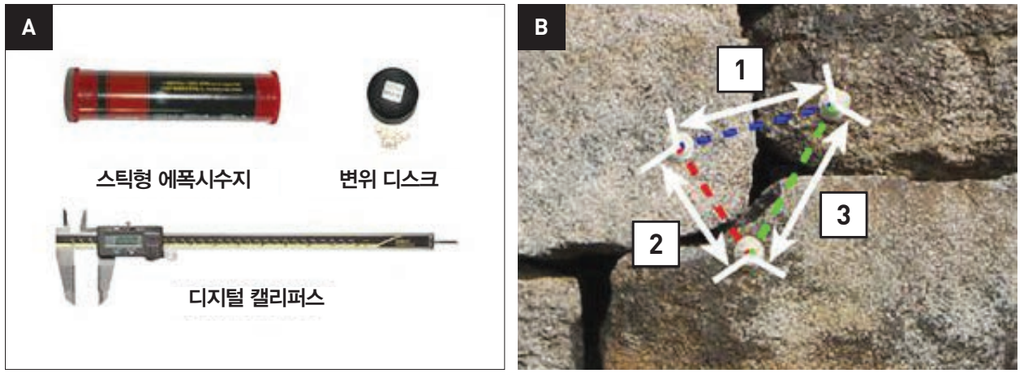


사진 9. 수동계측 측정도구 및 방법. (A) 수동계측 측정도구. (B) 수동계측 방법

형의 형태로 크기가 작기 때문에 성벽에 부착해도 미관상의 피해는 거의 없다. 다만 변위 디스크의 중앙 홈이 마모가 되면 디지털 캘리퍼스로 측정할 때 고정되지 못하여 오차가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

수동 계측기를 부재 표면에 부착하기 위해 스틱형 에폭시수지를 사용하였다. 에폭시 수지는 금속, 콘크리트, 목재, 플라스틱 등 다양한 표면에 접착이 가능하며, 4분 이내에 경화가 가능한 장점이 있다. 또한 온도에 의한 수축 영향을 덜 받아서 정밀한 거리 측정이 가능하며, 제거 시 원형 그대로 떨어지기 때문에 부재 표면에 흔적을 남기지 않는다. 디지털 캘리퍼스는 자동으로 거리를 산출하여 정확한 수치를 얻을 수 있다. 이번에 사용된 디지털 캘리퍼스의 측정범위는 0~300㎜이고 정확성은 ±0.03㎜이다.

손상구간 내에 상당한 이격이 발생된 3개의 성돌을 선택하였고, 이 성돌의 가장자리에 3개의 변위 디스크를 각각 부착하여 삼각형 형태의 이격면적을 만들었다(사진 9B). 이 삼각형의 세 변의 길이를 약 한 달 간격으로 측정하여 이격거리 변화를 모니터링하고 기록하였다. 이번 연구에서는 2016년 2월 18일에 설치한 10개 지점과 2016년 7월 8일에 추가로 설치한 2개 지점 등 총 12지점에 대하여 2018년 1월 17일까지 측정된 데이터를 토대로 안정성을 분석하였다.

크랙디스크 설치 이후 약 4개월 동안은 전체 구간에서 불안정한 데이터가 관찰되었다. 이는 에폭시 수지가 경화되어 안정화하는 과정에서 발생한 것으로 판단된다. 수동계측 데이터의 분석결과, 부재간의 거동 진행성을 명확하게 파악할 수 있었다(그림 1). 안정한 구간은 디스크의 이격거리에 변화가 거의 없거나 증가와 감소를 반복하며 설치 당시의 값을 유지하는 양상을 보인다.

그러나 성벽의 변형이 진행중인 구간은 이격거리의 증가 혹은 감소가 지속적으로 진행되며, 기준점으로 회귀하지 않고 비가역적인 변화가 발생한다. 수동계측은 측정자에 따라 값이 조금씩 상이할 수 있으며 주변 환경에 영향을 받는 단점이 있지만, 저렴한 가격과 간편한 설치를 통해 성벽의 거동양상을 파악할 수 있는 장점이 있다. 따라서 성벽에 변형이 발생한 구간 중 진행성의 여부를 판단하고 선별하는데 유용하게 활용된다.

건축문화유산에 발생하는 변형 및 변위의 일반적인 원인은 지반침하, 구조적 불안정, 입지조건, 주변 환경변화, 인접시공의 영향 등이며, 발생된 변위의 대부분은 건축물에 영구변형을 가져오게 하는 심각한 요소이므로 매우 민감하게 취급되어야 한다. 따라서 체계적이고 지속적인 변위계측은 건축문화유산의 안정성을 확보하기 위해 가장 중요한 요소 중 하나이다. 이 연구에서는 홍주읍성 성벽 손상구간 중에서 측정지점을 선정하여 광파측정을 수행하였다(사진 10).

www.kci.go.kr

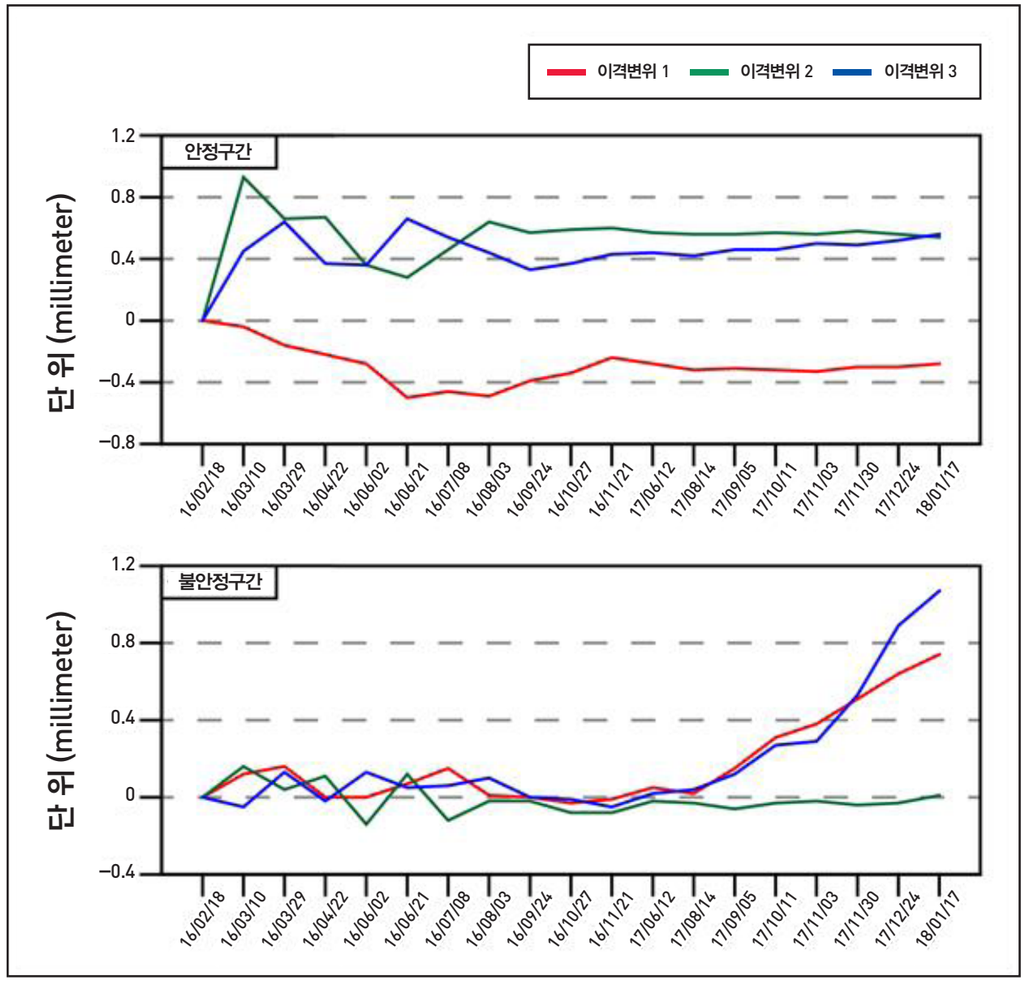


그림 1. 홍주읍성의 대표적인 안정구간과 불안정구간의 수동계측 거동양상



사진 10. 홍주읍성의 광파 변위 측정 모습. (A) 측량기준 설정, (B) 광파 측정

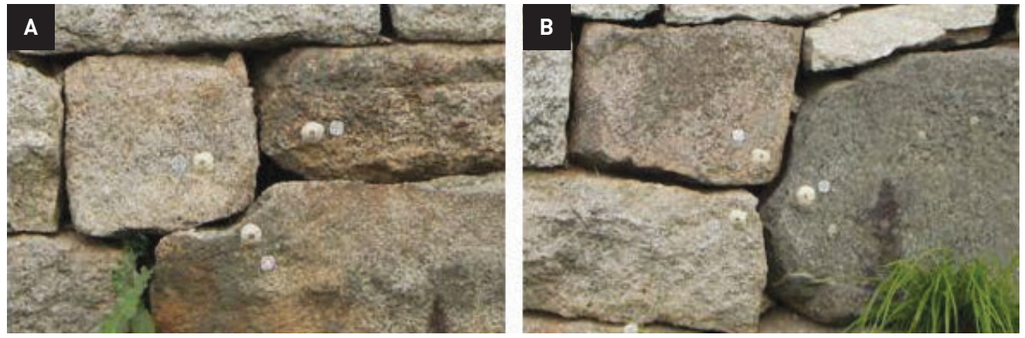


사진 11. 수동계측 및 광파계측 비교 지점. (A) A지점 설치현황. (B) B지점 설치현황

광파측정에는 각과 거리를 동시에 관측하고 좌표 값을 자동으로 계산하는 토털스테이션이 주로 활용되고 있다. 토털스테이션은 각도를 정밀하게 측정하는 데오도라이트와 거리를 측정할 수 있는 광파측거기가 하나로 통합된 장비이다. 이 연구에 사용된 토털스테이션은 Leica 사의 TS09 plus로 1″의 각도 정확도를 보이며, 프리즘 타겟 시 1.5㎜ +2ppm의 거리 정확도를, 무타겟 측량 시 2.0㎜+2.0ppm의 거리 정확도를 가지고 있는 고사양의 기기이다. 각도 측정은 4축 보정 컴펜세이터에 의해 보정된다. 이 연구에서는 변위 측정 데이터의 정확도와 정밀도를 높이기 위해 무타겟 방식이 아닌 20×20㎜ 크기의 시트형 프리즘 타겟(Leica, GZM31)을 이용하였다.

홍주읍성 성벽의 변위 모니터링은 전체 성벽 중 상대적으로 불안정한 5개 구역 16개 구간에 대해 실시하였다. 또한 각 구간별로 이격의 폭이 큰 세 지점을 선정하여 정기적으로 세 변의 길이를 측정하고 측정 결과를 비교분석하였다. 측정은 2016년에 수행하였으며, 수동계측 6회, 광파계측 3회의 자료를 통해 성벽의 거동상태를 파악하였다. 데이터의 신뢰도를 높이기 위해 일부 구간은 수동계측 지점과 동일한 위치에 프리즘을 설치하여 상호간의 데이터를 비교 및 검토하였다(사진 11).

A지점 A-B변의 수동계측 결과, 8월 3일 증가하는 양상을 보였으며, 이후 이격거리가 감소하였다(표 5). 광파계측 역시 8월 3일 계측에서 이격거리가 가장 크게 나타났으며, 마지막 계측에서 다시 감소하였다. A-C변은 수동계측 데이터가 일부 증가하기도 하지만 전반적으로 감소하는 양상을 보인다. 광파계측의 경우는 2차 계측에서 변화를 보이지 않지만 3차 계측에서 감소하였다. B-C변은 수동계측 결과는 8월 3일까지 증가하였으나 이후 다시 감소하였다. 그러나 광파계측은 지속적으로 이격거리가 증가하였다.

B지점의 A-B변은 수동계측 결과, 이격거리가 지속적으로 감소하였으며, 광파계측 역시 이격거리가 감소하였다. A-C변은 7월 8일 데이터를 제외하면 감소하는 양상을 보인 반면, 광파계측은 2차 계측에서 이격거리가 증가하였으며

표 5. 홍주읍성 A지점의 수동계측 및 광파계측 결과 비교

계측날짜 (2016년)	A–B		A–C		B–C	
	수동계측	광파계측	수동계측	광파계측	수동계측	광파계측
6월 21일	132.58	198.2	167.15	239.9	179.97	226.3
7월 08일	132.51	–	167.17	–	180.04	–
8월 03일	132.62	198.4	167.09	239.9	180.12	226.8
9월 24일	132.40	–	167.06	–	179.96	–
10월 27일	132.37	–	167.08	–	179.94	–
11월 21일	132.40	195.4	167.07	238.1	179.98	227.2

www.kci.go.kr

3차 계측에서 변위가 관찰되지 않았다. 마지막으로 B-C변은 수동계측에서 이격거리가 감소하는 양상이며, 광파계측은 2차 계측에서 변화가 없었으나 3차 계측에서 감소하였다.

수동계측과 광파계측 양상을 상호 비교한 결과, 변위량은 캘리퍼스를 활용하여 직접적으로 거리를 측정하는 수동계측이 좀 더 높은 정확도를 보였다. 그러나 이격거리

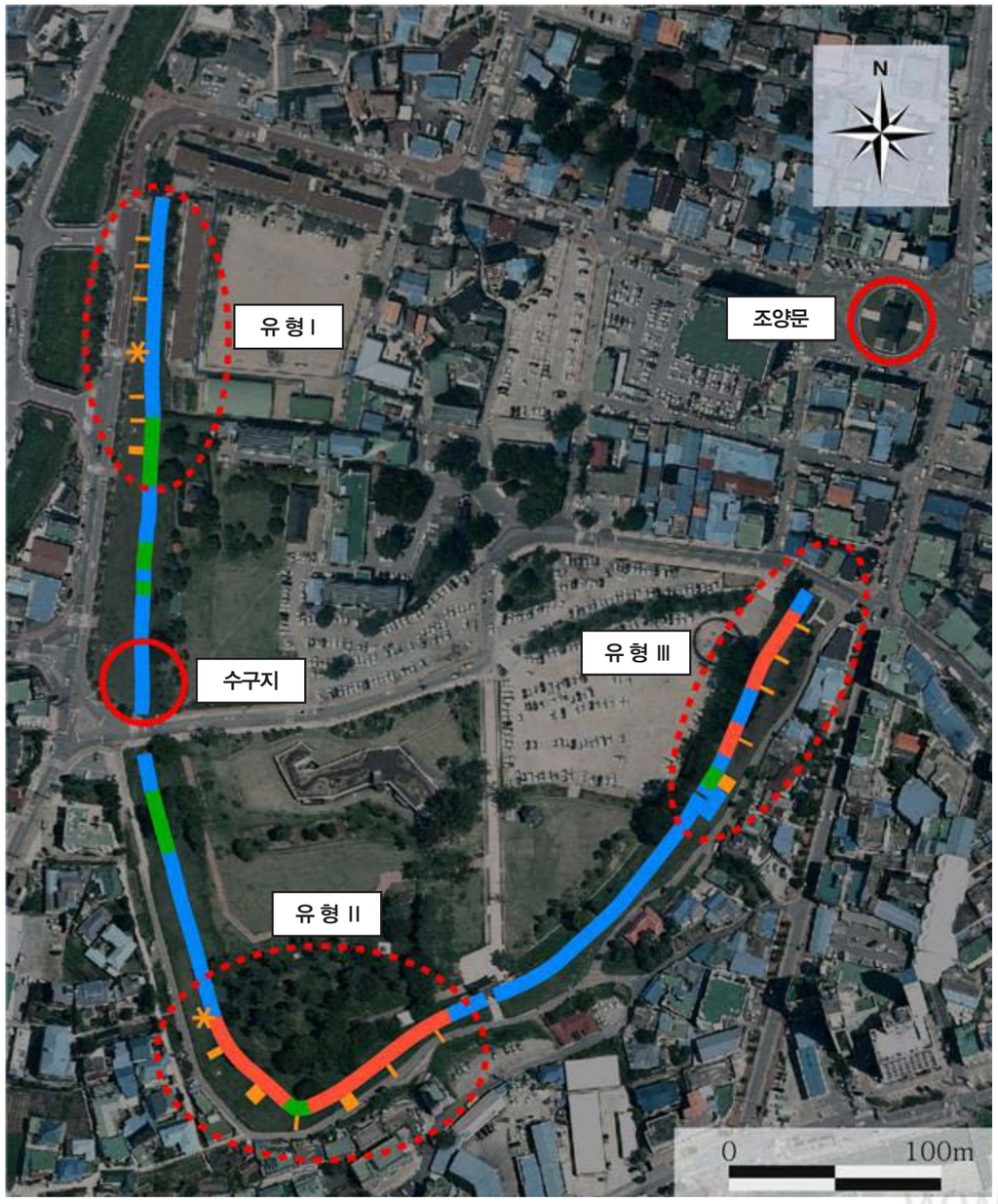


사진 12. 홍주읍성 성벽의 유형 및 손상구간의 분포 양상

의 증가 및 감소의 경향은 대부분 일치하였다. 따라서 장기적인 계측을 통해 데이터를 축적한다면 거동의 경향성에 대한 명확한 정보를 제공할 것으로 판단된다. 특히 겨울철과 해빙기의 자료축적이 필요하며 집중강수에 따른 변위량도 검토되어야 한다.

V. 보존과학적 고찰

1. 축성유형과 손상도 평가

홍주읍성 성벽은 서로 다른 20개의 구간으로 세분할 수 있으며, 3가지 유형으로 나뉜다(사진 12). 유형 I 성벽은 주로 홍주읍성의 서쪽과 홍화문 동쪽으로 분포하며, 유형 III 성벽은 남문지 서쪽과 치성 북쪽에 밀집하여 나타난다. 유형 II 성벽은 유형 I과 III 성벽 사이에 부분적으로 산재하였다. 손상구간은 크게 홍주초등학교 서쪽, 남문지 서쪽 및 치성 동쪽의 총 3개 구간으로 나누어 밀집된 양상을 보인다.

특히 홍주초등학교 서쪽을 제외하면 유형 III 성벽과 손상구간은 매우 높은 상관관계를 보인다. 이러한 결과는 형식적인 차이에 의해서만 나타난 것은 아니며, 개별 성돌의 재질특성 및 물성과 성벽이 위치한 지점의 주변 환경이 중요한 요인으로 작용했을 것이다. 이에 대하여는 추가적인 검토가 필요하다.

홍주읍성 성벽에서 나타나는 주요 손상형태는 성돌의 돌출 및 유실, 부재간 이격, 균열 및 단열, 배부름 현상, 기초 불안정 및 구조적 변형 등으로 아주 다양하다. 이들은 단일형태로 나타나기도 하나 대부분 여러 손상유형이 복합적으로 발생한다. 이처럼 손상된 부재들이 다수 밀집해있다면 성돌의 결속력이 약화되며 장기적으로 구조적 변형을 유발할 것이다.

또한 성돌의 표면에서는 대부분 조류 및 지의류가 관찰되지만 성돌 사이의 이격된 틈에서 초본 및 목본식물이 다수 생장하고 있다(사진 13). 이러한 식물들은 석조문화



사진 13. 홍주읍성 성벽에서 생물성장에 의한 성벽의 손상현황. (A) 성돌 뒷채움 토양에서 자라는 초본식물. (B) 성돌의 사이에서 자라난 목본식물

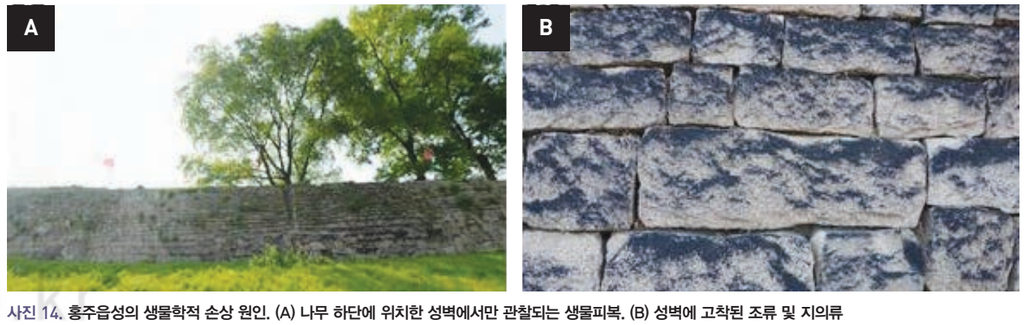


사진 14. 홍주읍성의 생물학적 손상 원인. (A) 나무 하단에 위치한 성벽에서만 관찰되는 생물피복. (B) 성벽에 고착된 조류 및 지의류

www.kci.go.kr



사진 15. 2010년 집중강수로 붕괴된 홍주읍성 남문지 인근 성벽. (A) 붕괴성벽의 외측, (B) 붕괴성벽의 내측

재의 표면이 아닌 토양에서 성장하며, 성벽 뒷채움재로 사용한 토양이 이격된 틈을 따라 유실되는 과정에서 양분을 제공하는 매개체 역할을 한 것으로 보인다. 식물이 성장하는 과정에서 발생하는 뿌리의 근압은 성돌을 직접적으로 이완시키고 구조적 변형을 야기하기 때문에 성벽의 안정성을 크게 위협한다.

따라서 홍주읍성 성벽의 손상에서 가장 큰 점유율을 보이는 생물학적 손상에 대한 보존처리 및 예방은 필수적이다. 성벽에 발생하는 생물손상의 원인 파악을 위해 생물의 피도가 높은 지점에 대한 주변환경을 조사한 결과, 공통적으로 성벽 상부에 수목이 존재하였다(사진 14). 성벽 상부에 성장한 나무는 성벽이 태양으로부터 받는 일조량을 줄이며, 습도를 유지하는 효과가 있다. 또한 생물군의 천이를 돕기 때문에 생물손상을 가속화시킨다. 따라서 성벽에 영향을 주는 수목에 대한 정비가 필요할 것으로 판단된다. 정비는 전문가그룹의 자문회의를 통해 방법을 결정하고 충분한 임상실험을 진행한 후에 보존처리를 진행해야 한다.

2. 관리체계 구축 제언

현재 홍주읍성 성벽은 수구지, 남문지, 치성 및 조양문 총 4개 구간으로 나누어 정밀계측을 수행하고 있다. 2016년부터 계측데이터를 종합하면, 남문지 서쪽 성벽에서 강우와의 명확한 경향성을 확인하였다(홍성군, 2016). 남문지 서쪽의 성벽은 홍주읍성 성벽 전체구간 중 상대적으로 성벽의 높이가 높은 편이며, 협축공법으로 제작되어 성벽 내측이 토층으로 구성되어 있다. 따라서 성벽의 높이로 인해 다른 구간에 비해 큰 하중을 받고 있으며, 강우 발생 시 수분이 토양을 통해 쉽게 함양될 수 있는 환경이다.

토양에 함양된 강우는 성벽의 하중을 증가시킬 뿐만 아니라 측압을 증가시키는 효과를 야기한다. 따라서 개별 성돌을 이완시키며, 이완된 틈은 함양된 물이 빠져나오는 통로의 역할을 하게 된다. 이 과정에서 물은 내부 채움재를 유실시키며, 구조적 불안정에 의한 변형을 초래하게 된다. 오랜 시간에 걸쳐 이러한 작용이 반복된다면 성벽의 불안정성은 높아질 것이다.

2010년 발생한 집중강우로 남문지 인근 성벽이 붕괴된 바 있다. 남문지 일대의 계측결과를 종합해 볼 때, 붕괴된 성벽은 강우에 의해 앞서 설명한 과정을 수년에 걸쳐 반복하였을 것이다(사진 15). 오랜 기간 변위가 누적된 상태에서 집중강우에 의해 발생한 이상거동에 의해 임계점을 초과하여 붕괴에 이르렀을 개연성이 충분하다.

홍주읍성 성벽의 유형분류 결과, 유형 III 성벽으로 구분되었으며 대부분의 손상구간이 유형 III에 밀집되어 있음을 확인하였다. 또한 약 100m 가량의 성벽이 홍주읍성 성벽 중에서 중점적으로 관리되어야 하는 관리등급 4등급으로 분류되어 있다. 이 일대 성벽에 대한 지속적인 관리가 수행되지 않는다면 2010년과 유사한 사례가 발생할 가능성이 있다. 따라서 이 구간에 대해서는 모니터링이 지속적으로 수행되어야 하며, 특히 우천 시 집중적으로 관리해야 한다.

성벽 전체의 안정성을 파악하는 좋은 방법은 성벽 곳곳에 자동 정밀거동계측기를 부착하여 모니터링하는 것이다. 그러나 약 800m에 달하는 전역의 거동을 확인하려면 수많은 계측기를 설치해야 하며, 이는 경제적으로 비효율적이며 많은 비용과 인력을 필요로 한다. 효율적인 관리를 위해서는 성벽의 안정성을 기준으로 등급을 설정하여 안정한 구간과 상대적으로 불안정한 구간을 분류하고 이에 따른 선별적 관리를 수행해야 한다. 각각의 등급에 대해서는 명확한 기준을 가지고 있어야 하며 등급 간 경계의 모호함이 없어야 한다. 이 연구에서는 성벽에 대한 모니터링 결과와 보존과학적 분류를 토대로 0등급부터 5등급까지 총 6단계의 관리 등급을 제안하였다(표 6).

표 6. 홍주읍성 성벽의 관리등급별 기준 예시

관리등급	기 준
0등급	보수 및 정비를 통해 새로 복원한 구간
1등급	구조적 변형이 없으며 개별 부재에 미약한 풍화가 진행된 구간
2등급	구조적 변형이 없으며 개별 부재에 풍화가 상당히 진전된 구간
3등급	초기 단계의 구조적 변형이 관찰되는 구간
4등급	명확한 구조적 변형과 여러 손상유형이 복합적으로 나타나는 구간 또는 수동계측 및 광파측정에서 거동의 진행성이 확인된 구간
5등급	정밀거동계측 결과 이상거동이 감지되거나 상당한 변위가 발생한 구간

0등급 구간은 보수 및 정비를 통해 새로 축성한 구간으로 현재는 존재하지 않지만 추후 위험구간의 보수가 진행되면 분류될 등급이다. 1등급 구간은 성벽에 구조적 변형이 없으며 개별 부재에 미약한 풍화가 진행된 구간이다. 유형 I 성벽의 대부분이 이에 속한다. 유형 II 성벽 중 대부분 보수용 석재로 구성된 성벽이 주로 해당된다. 2등급 구간은 1등급과 마찬가지로 성벽에 구조적 변형은 없지만 개별 부재에 풍화가 상당히 진전된 구간이다(사진 16).

3등급 구간은 이격, 돌출과 같은 초기 단계의 구조적 변형이 관찰되는 구간으로 주로 홍주초교 서쪽에 밀집되어 있다. 4등급 구간은 명확한 구조적 변형이 나타나고 여러 손상유형이 복합적으로 나타나는 구간으로 홍화문 서쪽과 치성 동쪽에 밀집되어 나타난다. 마지막으로 5등급 구간은 정밀거동계측 결과, 이상거동이 감지되거나 상당한 양의 변위가 진행된 구간으로, 면밀한 검토를 통해 보수를 고려해야 하는 구간이다.

제안한 관리등급을 홍주읍성에 적용한 결과 1등급 501.9m (64.10%), 2등급 29.5m (3.77%), 3등급 10.4m (1.33%), 4등급 241.2m (30.80%)로 나타났다(표 7). 5등급 구간은 현재까지의 계측 데이터로 선별할 수 없어 분류하지 않았다. 홍주읍성은 1995년 이후부터 대대적인 개축과 보수의 진행으로 복원한지 20년이 지나지 않아 1등급으로 분류된 성벽이 전체의 50% 이상을 차지하였다. 근대 이후 보수가 진행되지 않은 구간은 대부분 유형 III에 해당하며 홍화문 서쪽과 치성의 동쪽에 밀집된 양상으로 나타난다. 이 구간은 대부분 4등급으로 분류되며, 다른 구간과 달리 상시 모니터링을 수행하여 위험상황에 대비해야 할 것이다.

표 7. 홍주읍성의 관리등급별 길이

전체길이	0등급	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
783.0m	0.0m	501.9m	29.5m	10.4m	241.2m	0.0m

이번에 제안한 관리등급은 고정적인 등급이 아니며 손상유형이 발달함에 따라 다음 등급으로 재편된다. 5등급으로 분류된 구간은 검토를 통해 보수가 수행된다면 다시 0등급으로 회귀하는 윤회적 시스템이다. 이를 위해서는 주기적인 모니터링을 통한 관리등급의 재조정 등이 필요하다. 홍주읍성 성벽의 붕괴 전에는 수많은 손상유형의 변화와 이상거동특성이 나타날 것이다. 이를 감지하지 못하거나 방치한다면 최종적으로는 붕괴에 이를 것이다.

따라서 성벽에서 발생하는 이상징후를 파악하기 위해 주기적이고 면밀한 모니터링이 필수적이다. 육안관찰만으로는 손상유형의 변화를 쉽게 인지하기 힘들며 사진이나 3차

www.kci.go.kr

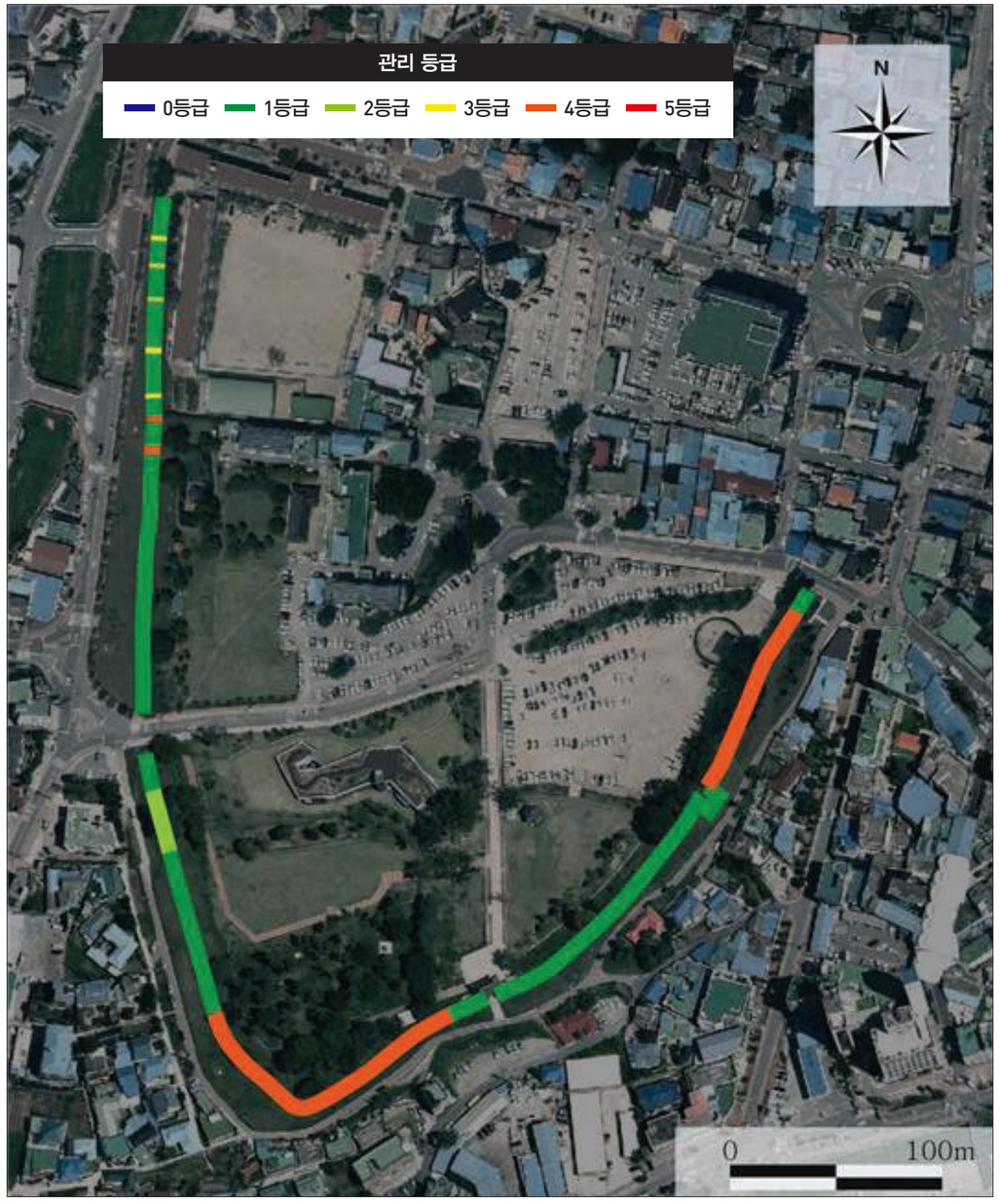


사진 16. 홍주읍성 성벽에 적용한 관리등급의 위치 및 분포

원 스캐닝데이터 등을 확보하여 비교 관찰해야 한다. 이러한 과업은 숙련된 성곽전문가에 의해 수행되어야 하며 동일인에 의해 꾸준히 지속되는 것이 미세한 변화 감지에 유리하다. 면밀하게 관찰한 모니터링 결과와 정밀 거동계측기를 통해 얻어진 이상거동을 분석하여 성벽 관리등급을 재조정하고 적절한 시기에 보수 및 수리 계획을 수립해야 할 것이다.

Ⅵ. 결 언

1. 홍주읍성은 홍성의 역사와 문화를 대표하는 유산으로 조선 초기의 축성양식에 따라 쌓은 성곽이 남아있다는 점에서 연구와 보존의 가치가 크다. 초축 연대는 명확히 알 수 없으나 문종 1년 이후 수십 차례에 걸친 보수와 정비를 거쳤으며, 일제강점기에 일부 성벽이 훼철되면서 오늘날의 형태를 갖게 되었다. 홍성은 지구조적으로 지진의 발생 가능성이 높은 지역이다. 역사지진 기록을 살펴보면 지속적으로 지진이 발생한 기록이 남아있으며, 1978년과 1979년에도 각각 규모 5.0과 4.0의 지진이 발생하여 성벽 일부가 붕괴된 바가 있다. 또한 2010년 집중강우에 의해 성벽이 붕괴되는 등 자연재해로 인한 성벽의 피해가 다수 발생하였다.

2. 홍주읍성 성벽은 구간에 따라 다양한 구성암종, 치석형태, 축조방식, 채움재료 등이 적용되었다. 또한 보수 과정에서 기존의 성벽을 훼철하지 않고 재사용 가능한 부분을 그대로 사용하여 시대에 따른 특성이 성벽에 수직적으로 반영되어 나타난다. 따라서 홍주읍성 성벽의 유형분류는 성벽의 수직적 분포를 기준으로 나누었으며, 축성유형의 수직적 개수에 따라 유형 I, 유형 II, 유형 III으로 구분하였다.

3. 성벽에 사용된 암석은 섬록암, 안산암질암, 반화강암, 세립질화강암, 조립질화강암 등 다양한 암종이 관찰되며, 성벽유형에 따라 구성 암종의 차이가 명확하게 나타난다. 성벽 하부에서 관찰되는 자연석 내지 할석을 사용한 부분은 다양한 암종이 혼재되어 나타나는 양상이지만, 중앙부의 치석한 암석은 거의 대부분 조립질 화강암이다. 보수석재는 담홍색화강암으로 대표되지만 적색도나 조직적 특징에 미약한 차이가 나타난다. 수구지와 조양문의 구성 암종은 성벽과 상이하다.

4. 홍주읍성에서 나타나는 대표적인 손상유형은 배부름 현상, 성돌의 돌출, 기초부 성돌의 유실, 부재의 이격, 균열 및 단열, 기초불안정 및 구조적 변형이다. 또한 성돌의 표면에는 조류 및 지의류에 의한 피복이 최소 35%에서 최대 70% 이상 나타났다. 생물학적 손상의 원인을 밝히기 위해 손상성벽의 주변 환경을 조사한 결과, 공통적으로 성벽 근처에 우거진 수목으로 나타났다. 따라서 문화재 보호차원의 수목정비가 필요한 것으로 사료된다.

5. 성벽에 발생하는 거동의 양과 방향을 확인하기 위해 수동계측 및 광파측정을 수행하였다. 수동계측 결과, 성벽의 구조적 변형이 진행되는 구간을 분류할 수 있다. 광파측정 자료와 비교한 결과, 두 모니터링 방법은 상호 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 성벽의 계측시스템 구축 초기에 거동양상을 빠르게 파악해야 할 때 수동계측이 유용하게 사용될 것으로 판단되며, 장기적인 보존관리 방안으로 광파측정이 수행되어야 한다. 두 계측방법은 상호 보완적으로 활용할 수 있으며, 홍주읍성의 장기적 안정화를 위해 계측시스템은 유지, 관리 및 개선되어야 할 것이다.

6. 홍주읍성은 2010년 집중강우에서 남문지 서쪽 성곽 일부가 붕괴된 바 있다. 남문지 일대의 계측결과를 종합할 때, 붕괴된 성벽 또한 강우에 의한 거동변화가 지속적으로 진행되었을 것이다. 오랜 기간 변위가 누적된 상태에서 집중강우에 의해 발생한 이상거동에 따라 임계점을 초과하여 붕괴에 이르렀을 개연성이 충분하다. 따라서 이 일대 성벽은 여름철 집중강우 기간에 모니터링을 강화할 필요가 있다.

7. 홍주읍성의 효율적 관리를 위해 연구결과를 토대로 0등급부터 5등급까지 6단계의 관리등급을 제안하였다. 이 관리등급을 적용한 결과, 1등급 501.9m (61.10%), 2등급 29.5m (3.77%), 3등급 10.4m (1.33%), 4등급 241.2m (30.80%)로 나타났다. 4등급 구간은 홍화문 서쪽과 치성의 동쪽에 밀집되어 나타나며, 상시 모니터링 수행을 통해 위험상황에 대비해야 한다. 6단계로 분류한 관리등급은 전체적인 안정성 검토를 통해 수리와 보수가 수행된다면 다시 0등급으로 회귀하는 윤회적 시스템이다. 이를 위해서는 주기적인 정밀모니터링을 통한 관리등급의 평가가 필요하다.

www.kci.go.kr

참고문헌

- 국립지질조사소, 1963, 「홍성도폭설명서」『국립지질조사소』, pp.1~16
- 기상청, 2012, 「한반도 역사지진기록」『기상청』, pp.1~280
- 기상청, 2016, 「www.kma.go.kr」
- 박성흥, 1995, 「홍주주류성고」『홍성문화원』, pp.1~126
- 서정석, 2002, 「백제의 성곽」『학연문화사』, pp.1~338
- 서정석, 2014, 「경부자은의 백제 성곽 연구」『백제문화』 51, pp.205~225
- 오창환, 2012, 「원생대 이후 트라이아스기까지의 남한과 동북아시아의 지구조 진화」『암석학회지』 21, pp.59~87
- 조영훈 · 이찬희, 2015, 「한양도성 석재공급지 추정을 위한 고문헌 분석 및 암석학적 데이터베이스 구축」『암석학회지』 24, pp.193~207
- 최종규, 2012, 「서울 한양도성의 축성시기별 성벽 형태 및 구조 고찰」『서울학연구』 47, pp.67~117
- 한건택, 2013, 「홍성의 홍주목관아와 전영 관련 역사문화자원과 활용방안」『충청학과 충청문화』 16, pp.57~65
- 홍성군, 1925, 「홍성군지」『홍성군』, pp.1~350
- 홍성군, 2016, 「홍성 홍주읍성 정밀진단용역 보고서」『공주대학교 산학협력단』, pp.1~282
- 홍주대관편찬위원회, 2002, 「홍주대관」『홍성군』, pp.1~1520

MUNHWAJAE Korean Journal of Cultural Heritage Studies Vol. 51 No. 3, September 2018, pp.4~31.
Copyright©2018, National Research Institute of Cultural Heritage

Conservation Status, Construction Type and Stability Considerations for Fortress Wall in Hongjuupseong (Town Wall) of Hongseong, Korea

Park, Junhyoung · Lee, Chanhee*

Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University, Gongju, 32588, Korea

*Corresponding Author : chanlee@kongju.ac.kr

Abstract

It is difficult to ascertain exactly when the Hongjuupseong (Town Wall) was first constructed, due to it had undergone several times of repair and maintenance works since it was piled up newly in 1415, when the first year of the reign of King Munjong (the 5th King of the Joseon Dynasty). Parts of its walls were demolished during the Japanese occupation, leaving the wall as it is today. Hongseong region is also susceptible to historical earthquakes for geological reasons. There have been records of earthquakes, such as the ones in 1978 and 1979 having magnitudes of 5.0 and 4.0, respectively, which left part of the walls collapsed. Again, in 2010, heavy rainfall destroyed another part of the wall. The fortress walls of the Hongjuupseong comprise various rocks, types of facing, building methods, and filling materials, according to sections. Moreover, the remaining wall parts were reused in repair works, and characteristics of each period are reflected vertically in the wall. Therefore, based on the vertical distribution of the walls, the Hongjuupseong was divided into type I, type II, and type III, according to building types.

The walls consist mainly of coarse-grained granites, but, clearly different types of rocks were used for varying types of walls. The bottom of the wall shows a mixed variety of rocks and natural and split stones, whereas the center is made up mostly of coarse-grained granites. For repairs, pink feldspar granites was used, but it was different from the rock variety utilized for Suguji and Joyangmun Gate. Deterioration types to the wall can be categorized into bulging, protrusion of stones, missing stones at the basement, separation of framework, fissure and fragmentation, basement instability, and structural deformation. Manually and light-wave measurements were used to check the amount and direction of behavior of the fortress walls. A manual measurement revealed the sections that were undergoing structural deformation. Compared with the result of the light-wave measurement, the two monitoring methods proved correlational. As a result, the two measuring methods can be used complementarily for the long-term conservation and management of the wall. Additionally, the measurement system must be maintained, managed, and improved for the stability of the Hongjuupseong.

www.kci.go.kr

MUNHWAJAE *Korean Journal of Cultural Heritage Studies Vol. 51 No. 3, September 2018, pp.4~31.*
Copyright©2018, National Research Institute of Cultural Heritage

The measurement of Nammunji indicated continuing changes in behavior due to collapse and rainfall. It can be greatly presumed that accumulated changes over the long period reached the threshold due to concentrated rainfall and subsequent behavioral irregularities, leading to the walls' collapse. Based on the findings, suggestions of the six grades of management from 0 to 5 have been made, to manage the Hongjuupseong more effectively. The applied suggested grade system of 501.9 m (61.10%) was assessed to grade 1, 29.5 m (3.77%) to grade 2, 10.4 m (1.33%) to grade 3, 241.2 m (30.80%) and grade 4. The sections with grade 4 concentrated around the west of Honghwamun Gate and the east of the battlement, which must be monitored regularly in preparation for a potential emergency. The six-staged management grade system is cyclical, where after performing repair and maintenance works through a comprehensive stability review, the section returned to grade 0. It is necessary to monitor thoroughly and evaluate grades on a regular basis.

Keywords Historical earthquake, Deterioration type, Measurement system, Monitoring, Management grade

Received 2018. 05. 21 ● **Revised** 2018. 08. 07 ● **Accepted** 2018. 08. 19

www.kci.go.kr